

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geografie
Studijní obor: Geografie a Kartografie



Jindřich Brůžek

Porovnání vývoje krajinného pokryvu a struktury krajiny v českém a rakouském pohraničí v období 1991 – 2016 s využitím dálkového průzkumu Země

Comparison of changes of land cover and landscape structure in Czech and Austrian borderland in the period 1991 – 2016 using remote sensing

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Lucie Kupková, Ph.D.

Albrechtice 2018

Vysoká škola: Univerzita Karlova

Fakulta: Přírodovědecká

Katedra: Aplikované geoinformatiky a kartografie

Školní rok: 2018/2019

Zadání bakalářské práce

pro Jindřicha Brůžka

obor Kartografie a geoinformatika

Název tématu: Porovnání vývoje krajinného pokryvu a struktury krajiny v českém a rakouském pohraničí v období 1991 – 2016 využitím dálkového průzkumu Země

Zásady pro vypracování

Cílem práce bude využít volně dostupná data DPZ (například Sentinel-2, družice systému Landsat, Planet Scope) a metody DPZ (klasifikace, optické indexy, popř. další) pro porovnání vývoje krajinné struktury (krajinné metriky) a krajinného pokryvu ve vybrané části českého a rakouského pohraničí (cca 30 km do vnitrozemí a případně 1-2 modelová území velikosti několika katastrů v detailu). Bude hodnocen vývoj v období od pádu železné opony do současnosti (dle dostupnosti dat) s cílem zjistit, zda se krajina v Česku a Rakousku na počátku lišila (využití a struktura krajiny) a zda se poté vyvíjela podobným nebo rozdílným způsobem.

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: cca 40 stran

Seznam odborné literatury:

- ASHRAF, M. A., MAAH, M. J., YUSOFF, I., B.(2011): *Introduction to Remote Sensing of Biomass*. Biomass and Remote Sensing of Biomass, č. 3, s. 129-170
- CAMPBELL, J. B., WYNNE, R. H. (2011): *Introduction to remote sensing, 5th edition*, The Guildford press. 2011, ISBN 978-1-60918-176-5
- DOBROVOLNÝ, P. (1998): *Dálkový průzkum Země: digitální zpracování obrazu*. Brno: Masarykova univerzita, 208 s.
- JELEČEK, L. (2006): Development of Modern Cadastre and Cadastral Mapping: Cadastre as Major Information Source of LUCC Research in Czechia. In *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, č. 49, s. 37-51.
- RAŠÍN, R., CHROMÝ, P. (2010): Land Use and Land Cover Development Along the Czech-Austrian Boundary. Land Use / Cover Changes in Selected Regions in the World, č. 5, s. 58-65

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Lucie Kupková, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: prosinec 2017

Termín odevzdání diplomové práce: prosinec 2018

.....
Vedoucí bakalářské práce

.....
Vedoucí katedry

V Praze dne 17. 12. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů. Jsem si vědom toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

V Praze, dne 14. prosince 2018

.....

Jindřich Brůžek

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucí mé práce RNDr. Lucii Kupkové, Ph.D za věnovaný čas a cenné rady, které mi v průběhu tvorby práce poskytovala. Další dík patří společnosti Planet za poskytnutí dat z družice Rapid Eye.

Abstrakt

Cílem práce bylo porovnání vývoje krajinného pokryvu a krajinné struktury v pohraničním území Jihomoravského kraje a Dolních Rakous na české a rakouské straně hranice s využitím dat a metod dálkového průzkumu Země (klasifikační metodou Maximum Likelihood). Pro širší zájmové území byla využita data z družic Landsat 5, Landsat 8 (roky 1991 a 2016) s prostorovým rozlišením 30 m a pro menší území Valticka data z družice Rapid Eye s prostorovým rozlišením 6,5 m (roky 2010 a 2016). Klasifikační legenda byla odvozena z práce Rašína a Chromého (2010). Řízená klasifikace pro krajinný pokryv proběhla v programu ENVI 5.4 na základě trenovacích datasetů získaných z ortofot a databáze LPIS. Nejlepší výsledek klasifikace dat Rapid Eye v roce 2016 dosáhl celkové přesnosti 94,87 % a nejhorší data družice Landsat 5 88,71 %. Z intenzity změn krajinného pokryvu byl nejzajímavější výsledek kategorie orné půdy, která na české straně zaznamenala v roce 2016 ztrátu 5,67 procentního bodu, zatímco na rakouské straně to byla ztráta pouze 2,81 procentního bodu. Celkově se projeví větší změny pro data z družic Landsat, které porovnávaly delší časové období. Pro data z družice Rapid Eye byly zjištěny menší změny. Jelikož Valticko je úrodná oblast, s intenzivním zemědělstvím, můžeme do budoucna očekávat spíše stabilní rozložení krajinné pokryv využití krajiny.

Klíčová slova: krajinný pokryv, krajinná struktura, Landsat, Rapid Eye, řízená klasifikace

Abstract

The aim of the thesis was to compare the development of the land cover and the land use structure in the border areas of the South Moravian Region and Lower Austria on the Czech and Austrian border with the use of data and methods of remote sensing (using the method of Maximum Likelihood). Data from Landsat 5, Landsat 8 (1991 and 2016) with a spatial resolution of 30 m were used for wider area and data from the Rapid Eye with a 6.5 m spatial resolution (2010 and 2016) were used for smaller area of interest Valticko region. The classification legend was derived from the work of Rašín and Chromý (2010). The land cover classification was conducted in the ENVI 5.4 software using training and validation datasets acquired from the orthophotos and the LPIS database. The best result of the Rapid Eye data classification in 2016 reached overall accuracy 94.87% and the worst result was reached for Landsat 5 data (88.71%). As for the intensity of land cover changes the most interesting result was obtained for the category arable land, which on the Czech side lost 5.67 percentage points in 2016, while on the Austrian side it was a loss of only 2.81 percentage points. Overall, there were larger changes for data from Landsat satellites, which compared a longer time period. Lower changes have been found out for Rapid Eye. As the Valticko region is a fertile area used by intensive agriculture, we can expect stable distribution of land cover in the future.

Key words: land use, land cover, Landsat, Rapid Eye, supervised classification

Obsah

Seznam obrázků a tabulek.....	9
Seznam použitých zkratk.....	11
1. Úvod a cíle	12
2. Úvod do problematiky a literární rešerše	13
2.1 Přístupy k hodnocení změn využití půdy	13
2.2 Přístupy k hodnocení změn krajinného pokryvu	15
2.3 Přístupy k hodnocení struktury krajiny	16
2.4 Úvod do problematiky dálkového průzkumu Země	16
2.4.1 Elektromagnetické záření.....	17
2.4.2 Spektrální chování objektů.....	18
2.4.3 Klasifikace obrazu.....	19
2.4.4 Neřízená klasifikace.....	20
2.4.5 Řízená klasifikace.....	20
2.4.6 Hodnocení přesnosti klasifikace.....	21
3. Vymezení a charakteristika území.....	23
3.1 Fyzickogeografická charakteristika	24
3.2 Socioekonomická charakteristika	25
4. Data	26
4.1 Charakteristika dat družic Landsat	26
4.1.1 Data družice Landsat 5.....	26
4.1.2 Data družice Landsat 8.....	27
4.2 Charakteristika dat družice Rapid Eye	28
4.3 Další použitá data.....	29
5. Metody	30
5.1 Získání a předzpracování dat	30
5.2 Tvorba masky.....	31
5.3 Klasifikační legenda	31
5.4 Klasifikace	32
5.5 Hodnocení struktury krajiny	33
5.6 Hodnocení přesnosti klasifikace	34
5.7 Zpracování výsledků klasifikací	34
6. Výsledky.....	35
6.1 Rozlohy kategorií land cover a jejich změny pro širší zájmové území z družic Landsat	35
6.2 Rozlohy kategorií land cover a jejich změny pro českou a rakouskou stranu z družic Landsat	38

6.3 Změny struktury krajiny pro českou a rakouskou stranu z družic Landsat	39
6.4 Rozlohy kategorií land cover a jejich změny pro území Valticka z družice Rapid Eye.....	42
6.5 Rozlohy kategorií land cover a jejich změny pro českou a rakouskou stranu Valticka z dat družice Rapid Eye	45
6.6 Změny struktury krajiny pro českou a rakouskou stranu Valticka z družice Rapid Eye	47
6.7. Srovnání vývoje velikosti plošek z obou družic pro oba sledované horizonty.	49
6.8 Návaznost výsledků práce na předchozí hodnocení využití krajiny v území Valticka	51
6.9 Porovnání výsledků klasifikací z družice Landsat 8 a družice Rapid Eye v roce 2016 pro území Valticka	52
6.10 Hodnocení přesností klasifikací	52
6.10.1 Hodnocení přesností klasifikací jednotlivých kategorií z družic Landsat	53
6.10.2 Hodnocení přesnosti klasifikací jednotlivých kategorií z družice Rapid Eye.....	53
7. Diskuze výsledků	55
8. Závěr	58
Seznam Literatury:	60

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Schéma elektromagnetické vlny, λ – délka vlny.....	17
Obrázek 2: Základní oblasti dělení elektromagnetického spektra.....	18
Obrázek 3: Spektrální chování objektů.....	19
Obrázek 4: Mapa širšího zájmového území.....	23
Obrázek 5: Mapa zájmového území Valticka.....	24
Obrázek 6: Družice Landsat.....	26
Obrázek 7: Družice Landsat 8.....	27
Obrázek 8: Družice Rapid Eye.....	28
Obrázek 9: Krajinový pokryv širšího zájmového území – výstup z klasifikace dat družice Landsat 5 pro termín 10. 9. 1991.....	36
Obrázek 10: Krajinový pokryv širšího zájmového území – výstup z klasifikace dat družice Landsat 8 pro termín 30. 9. 2016.....	37
Obrázek 11: Graf rozlohy ploch pro širší zájmové území v jednotlivých kategoriích z družice Landsat.....	39
Obrázek 12: Krajinový pokryv zájmového území Valticko – výstup z klasifikace dat družice Rapid Eye pro termín 22. 8. 2010.....	43
Obrázek 13: Krajinový pokryv zájmového území Valticko – výstup z klasifikace dat družice Rapid Eye pro termín 1. 9. 2016.....	44
Obrázek 14: Graf rozlohy ploch pro zájmové území Valticko v jednotlivých kategoriích z družice Rapid Eye.....	46
Obrázek 15: Graf velikosti plošek pro Rakousko a Česko v širším sledovaném území v obou sledovaných letech pro data z družice Landsat.....	50
Obrázek 16: Graf Velikosti plošek pro Rakousko a Česko ve sledovaném území Valticko v obou sledovaných letech pro data z družice Rapid Eye.....	50
Obrázek 17: Graf zastoupení jednotlivých kategorií v zájmovém území Valticko v letech 1821 až 2016.....	51
Obrázek 18: Srovnání výsledků klasifikací Valticka z dat družice Landsat 8 a Rapid Eye v roce 2016.....	52
Tabulka 1: Elektromagnetické spektrum využitelné pro DPZ.....	18
Tabulka 2: Spektrální pásma družice Landsat 5.....	27
Tabulka 3: Spektrální pásma družice Landsat 8.....	28
Tabulka 4: Spektrální pásma družice Rapid Eye.....	29
Tabulka 5: Typy dat a termíny pořízení snímků.....	30
Tabulka 6: Klasifikační legenda pro zájmové území Valticka klasifikované z dat družice Rapid Eye.....	32
Tabulka 7: Klasifikační legenda pro širší zájmové území klasifikované z dat družic Landsat.....	32
Tabulka 8: Výsledky testu separability pro širší zájmové území.....	33

Tabulka 9: Výsledky testu separability pro zájmové území Valticka.....	33
Tabulka 10: Stav a změny rozlohy kategorií land cover v širším zájmovém území hodnocené z družic Landsat	35
Tabulka 11: Stav a změny rozlohy kategorií land cover pro Česko z družic Landsat 1991 a 2016.....	38
Tabulka 12: Stav a změny rozlohy kategorií land cover pro Rakousko z družic Landsat 1991 a 2016.....	38
Tabulka 13: Srovnání průměrné rozlohy ploch v letech 1991 a 2016 pro Česko z družic Landsat 1991 a 2016.....	40
Tabulka 14: Srovnání průměrné rozlohy ploch pro Rakousko z družic Landsat 1991 a 2016.....	40
Tabulka 15: Srovnání průměrné délky hranice ploch a délky hranice na plochu pro Česko z dat družic Landsat 1991 a 2016.....	41
Tabulka 16: Srovnání průměrné délky hranice ploch a délky hranice na plochu pro Rakousko z dat družic Landsat 1991 a 2016.....	41
Tabulka 17: Stav a změny rozlohy kategorií v území Valticka hodnocené z dat družice Rapid Eye.....	42
Tabulka 18: Stav a změny rozlohy kategorií land cover pro českou část Valticka z družice Rapid Eye 2010 a 2016.....	45
Tabulka 19: Stav a změny rozlohy kategorií land cover pro rakouskou část Valticka z družice Rapid Eye 2010 a 2016.....	46
Tabulka 20: Srovnání průměrné rozlohy ploch pro Česko z dat družice Rapid Eye 2010 a 2016.....	47
Tabulka 21: Srovnání průměrné rozlohy ploch pro Rakousko z dat družice Rapid Eye 2010 a 2016.....	48
Tabulka 22: Srovnání průměrné délky hranice ploch a délky hranice na plochu pro Česko z dat družice Rapid Eye 2010 a 2016.....	48
Tabulka 23: Srovnání průměrné délky hranice ploch a délky hranice na plochu pro Rakousko z dat družice Rapid Eye 2010 a 2016.....	49
Tabulka 24: Přesnost klasifikací a kappa koeficient.....	53
Tabulka 25: Porovnání zpracovatelské a uživatelské přesnosti za jednotlivé třídy pro družice Landsat.....	53
Tabulka 26: Porovnání zpracovatelské a uživatelské přesnosti za jednotlivé třídy pro družici Rapid Eye.....	54

Seznam použitých zkratk

CLC90	CORINE Land Cover Change 1990
CORINE	Coordination of Information on the Environment
DPZ	Dálkový průzkum země
GMES	Global Monitoring for Environment and Security).
IGU	International Geographical Union
ISODATA	Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique
LACOAST	Land cover changes in Coastal zones
LPIS	Land Parcel Identification System
LUCC	Land Use and Land Cover Change
MSS	Multi-spectral sensor
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OBIA	Object-Based Image Analysis
OLI	Operational Land Imager
RBV	Return Beam Vidicon
SÚJ	Srovnatelné územní jednotky
TIRS	Thermal Infrared Sensor
TM	Thematic Mapper
USGS	United States Geological Survey

1. Úvod a cíle

Dálkový průzkum Země (DPZ) se v posledních letech stal důležitým nástrojem v získávání informací o jevech, které na naší planetě Zemi probíhají. Tuto metodu můžeme využít v různých typech analýz, například při monitorování lesních požárů, sledování změn vegetace v čase, v meteorologii, hydrologii a v různých dalších vědních disciplínách. Důležitou výhodou DPZ je zachycování rozsáhlého území v jednom časovém okamžiku. Data DPZ se pořizují dlouhodobě a díky tomu můžeme sledovat určitá území v časových řadách a jsme schopni zaznamenat jejich proměnu v čase.

Hlavním cílem této bakalářské práce je porovnání vývoje krajinného pokryvu a krajinné struktury (základní krajinné metriky) v zájmových pohraničních územích Valtic a Dolních Rakous. K řešení této problematiky jsou využívána data DPZ, konkrétně snímky družic Landsat 5, Landsat 8 a družice Rapid Eye. V případě družice Landsat 5 jsou využita data ze skeneru Thematic Mapper s prostorovým rozlišením 30 m, v případě novější družice Landsat 8 jsou použita data ze skeneru Operational Land Imager s prostorovým rozlišením 15 m a u družice Rapid Eye jsou využita data ze skeneru Multi-spectral push boom imager s prostorovým rozlišením 6,5 m. Data družice Landsat byla využita pro analýzu širšího zájmového území a data družice Rapid Eye pro menší modelové území, jehož vymezení odpovídá území, které analyzovali ve své práci Rašín a Chromý (2010). Ve své práci se tyto autoři zabývali analýzou změn land use v období 1821 a 2005. Na jejich výstupy tato bakalářská práce do určité míry navazuje.

V práci je hodnocen vývoj od pádu železné opony do současnosti s cílem zjistit, do jaké míry se krajina v Česku a Rakousku na počátku lišila a zda se ve sledovaném období vyvíjela podobným nebo rozdílným způsobem.

Z klasifikací byly vytvořeny mapové kompozice krajinného pokryvu, tabulky a grafy, které byly mezi sebou porovnány a následně srovnány i s výsledky práce Rašína a Chromého (2010).

2. Úvod do problematiky a literární rešerše

2.1 Přístupy k hodnocení změn využití půdy

Krajina je jeden z nejvíce nejednoznačných prostorových jevů. Definice tohoto pojmu je ovlivňována hlediskem, z něhož na krajinu nahlížíme a jak ji hodnotíme. Z krajině-ekologického pohledu ji lze charakterizovat jako heterogenní část zemského povrchu skládající se ze souboru vzájemně se ovlivňujících faktorů. Z geografického hlediska jí lze chápat jako

celek tří složek, a to biotických, abiotických a duchovních (Sklenička, 2003). Celkový ráz krajiny, jako celku strukturovaného z jednotlivých ekosystémů nebo subsystémů, nelze získat pouze z jejích vlastností. Pro pochopení podstaty krajiny je hlavní znalost její různorodosti, skladby prvků, a vlastností vazeb a toků mezi těmito prvky (Lipský, 1998).

V dnešní době se obyvatelstvo zajímá nejen o aktuální obraz současného stavu životních podmínek, ale také o opakované monitorování příčin a důsledků změn využití ploch krajiny (land use) a přírodního pokryvu ploch krajiny (land cover). Velký vliv na tyto změny mají fyzicko-geografické podmínky, ale ve větší míře především podmínky socioekonomické (Najman, 2006).

První, kdo se zabíral problematikou využívání půdy, byl ve Velké Británii L. D. Stamp. Cílem jeho mapování bylo zjistit využitelnost půdy pro zemědělství. Díky této práci vzniklo nespočet projektů se zaměřením na zmapování Land Use. L. D. Stamp uvedl do světa, jako první pojem Land Use a definuje ho jako funkční členění území podle kategorií ploch, které se liší způsobem využití (Stamp, 1940). Podle autorů Bičíka, Jelečka a Štěpánka (2001) se od 90. let tvoří nová geografická disciplína ve využití půdy a to „Historický Land Use“.

Podle FAO (2005) se využití ploch zabývá výsledky nebo užitky získanými využíváním půdy, stejně tak i lidskými aktivitami na těchto plochách, jež vedou k výsledkům a ziskům.

De Bie a Zuidema (1995) definovali land use jako řadu lidských úkonů, týkajících se ploch, jejichž cílem je využíváním půdních zdrojů získat užitek.

Jelikož se výzkum vývoje land use a land cover stal velice důležitým tématem, byl v rámci IGU (Mezinárodní geografické unie) v roce 1995 vytvořen projekt s názvem Land Use and Land Cover Changes ve zkratce LUCC. Díky němu vzniklo mnoho vědeckých přístupů a prací. Hlavními cíli projektu byly:

1. Zjistit, jaké jsou globální hybné síly ve vývoji využití land use a land cover a porozumět jim.
2. Stanovit souvislosti mezi trvale udržitelným vývojem a odlišnými typy land use.
3. Prozkoumat a zaznamenat změny využití půdy v čase a prostoru.
4. Pochopit vzájemné vztahy mezi změnami ve využití land use a land cover.

Stanovit souvislosti mezi trvale udržitelným vývojem a odlišnými typy Land Use. Tým okolo I. Bičíka na PŘF UK v Praze zkoumá dlouhodobé změny ve využití ploch Česka již od poloviny 90. let minulého století. Jeho hlavní metodou je statisticko-evidenční metoda analýzy a interpretace databáze v čase i prostoru srovnatelné s databází údajů stabilního katastru (Jeleček, 2006). Základní datovou jednotkou je katastrální území. Výměra katastrů se v průběhu času měnila. Proto v některých případech bylo nutné pro hodnocení změny tyto jednotky spojit do srovnatelných územních jednotek (SÚJ), které spolu vytvořily soubor cca 9 000 SÚJ s daty pro časové mezníky 1845, 1896, 1948, 1990 a 2010. Tento výzkum by nebyl proveditelný bez technologie GIS. Tyto metody používal například Bičík a kol. (2010).

Autoři Bičík, Jeleček, Štěpánek (2001) využili metodiku hodnocení land use a land cover, která byla obohacena o využití dalších přístupů (letecké snímky a terénní šetření). Hodnocení, kterého ve své práci využívají, je označováno jako tzv. dynamický Land Use. Dynamický land use reprezentuje mapová díla nebo tabulky s hodnocením využití půdy ve dvou nebo ve více časových etapách. Hlavním cílem je potom analýza změn celkové struktury ploch a možné předpovědi dalšího vývoje (Bičík, Jančák, 2005).

Jeleček a Kabrda (2015) vychází ve své práci z předpokladu, že dlouhodobé změny ve struktuře ploch krajiny jsou zapříčiněny faktory politickými, ekonomickými, společenskými, sociálními, technologickými a kulturními. Podle Jelečka a Kabrdy (2015) jsou Česko a státy bývalého východního bloku unikátními modelovými územími pro sledování změn struktury ploch krajiny v čase. A to hned z několika důvodů:

1. Působení dvou principiálně rozdílných společensko-ekonomických systémů na využití ploch a krajinného pokryvu. Byl to kapitalismus vyvíjející se v Česku od poloviny 19. století do roku 1948 a poté od roku 1990 do současnosti. Druhým vlivem byl komunismus, který ovlivňoval krajinu v letech 1948-1989.
2. Dalšími faktory byl úbytek obyvatelstva v pohraničních oblastech (českých Němců) po 2. světové válce a následná rozsáhlá socialistická industrializace, preferující těžký průmysl a výrobu náročnou na spotřebu energie a surovin.
3. Rozdílné způsoby a fáze vývoje kapitalismu od průmyslové revoluce do roku 1948 a znovu od roku 1990. Ty byly ovlivňovány klíčovými změnami geopolitické a geoekonomické polohy Česka zejména v letech, 1918 (vznik Československa), 1938 (zánik státu), 1948 (začátek komunistického režimu) a 1989 (návrat kapitalismu), 2004 (vstup do EU).

Najman (2006) se zabýval změnami land use a land coveru v pohraničních oblastech centrálně řízených zemích komunistického bloku sdružených Varšavskou smlouvou a v zemích bývalého Západního bloku. U těchto oblastí autor očekával podobný fyzicko-geografický vývoj, ale rozdílný socioekonomický vývoj. Díky těmto předpokladům bylo zřejmé, že struktura rozložení jednotlivých kategorií pokryvu ploch se bude výrazně lišit na obou stranách sledované hranice. Pomocí softwaru ARC Map klasifikoval vrstvy pokryvu databáze CORINE, kde vytvořil sedm sledovaných tříd. Na základě několika podmínek pak mezi sebou porovnával

roky 1990 a 2000 a vyhodnotil změny a jejich důsledky. Podobnou problematikou se zabývali i Rašín a Chromý (2010). Ve své práci chtěli především porovnávat, hodnotit a interpretovat vývoj změn využití ploch na území Česka a v některé ze sousedních zemí. Vybrali si pohraniční území Česka a Rakouska, které má podobné fyzicko-geografické podmínky, ale vyvíjelo se v rozdílných politických systémech, které měly velký vliv na celkové využití land use a land cover. Na tuto jejich práci bude do jisté míry navazovat má Bakalářská práce.

2.2 Přístupy k hodnocení změn krajinného pokryvu

Pojmem odlišným od land use je pojem land cover, který lze přeložit, jako „krajinná pokrývka“ nebo „krajinný kryt,“. land cover je definován, jako pozorovatelný biofyzikální pokryv zemského povrchu (Bičík a kol., 2010). land cover se zpravidla zkoumá pomocí metod dálkového průzkumu Země, ale je obsahově chudší, jelikož v sobě nezahrnuje lidskou činnost spojenou s povrchem, tedy využívání land use.

Feranec a Ořáheř (2001) definují tři základní způsoby, jak analyzovat krajinný pokryv neboli land cover:

1. Prvním přístupem je hodnocení a generalizace tříd krajinného pokryvu s využitím dostupných katastrálních map, zemědělských a hospodářských map nebo topografických map.
2. Druhým, méně využívaným přístupem, je získání dat terénním mapováním krajinného pokryvu, kde jsou areálové, liniové a bodové objekty Země zaznamenávány do topografické mapy příslušného měřítka. Takovéto získávání aktuálních informací o využití země a o krajinném pokryvu je však časově náročné
3. Posledním přístupem jsou aplikace dat DPZ (satelitních a leteckých snímků). Ty dovolují prostřednictvím fyziognomických znaků identifikovat areály krajinného pokryvu různých hierarchických úrovní. Tyto metody jsou v posledních letech nejvyžívanější.

V rámci projektu CORINE land cover, který vznikl v 90. letech minulého století, se vytvořily datové vrstvy krajinné pokrývky Evropy charakterizované 44 třídami jednotné legendy. Tento projekt přispěl k položení základů monitorovacího systému GMES (Global Monitoring for Environment and Security).

Například Nedbal (2014) využil dat CORINE land cover k analýze změn a budoucího vývoje krajinného pokryvu v oblastech Dřevnice a Stropnice. Tuto analýzu vypracoval pomocí metod modulů Land Change Modeler a Geomod. Míček (2014) mezi sebou porovnává data CORINE Land Cover a Urban Atlasu a analyzuje rozdílné klasifikační metody obou datových sad na příkladu Prahy. A vyhodnocuje tak jednotlivé kategorie krajinného pokryvu a rozdíly mezi nimi.

Perdigao a Christensen (2000) vytvořili projekt LACOAST (Land cover changes in Coastal

zones), jehož cílem bylo identifikovat změny krajinného pokryvu v 10 km široké pobřežní zóně Evropy za období let 1975-1990. Hlavní metodu představovala aplikace databáze CLC90 a satelitní snímky z družice Landsat s multispektrálním senzorem.

2.3 Přístupy k hodnocení struktury krajiny

Velice důležitým doplněním sledování změn Land Use a Land Cover v Česku jsou práce zabývající se hodnocení struktury krajiny a životního prostředí. Těmito tématy se zabýval například Lipský (2000), který má svůj výzkum založen na sledování změn jednotlivých krajinných složek (plošného zastoupení, prostorového složení a dynamiky). A na základě tohoto pozorování určuje jejich změny a následný vývoj.

V krajině působí vzájemné vazby, díky kterým nejsou jednotlivé prvky a složky rozmístěny náhodně, ale naopak jsou uspořádány zcela cíleně. Demek (1999) považuje pojem struktura krajiny právě za určité uspořádání prvků a složek v krajině. Mezi těmito prvky fungují vazby, které společně dohromady tvoří krajinný celek. V krajinné struktuře pak můžeme rozlišovat stabilní prvky, ale i proměnné prvky. Celkově by se dalo říci, že krajinná struktura vyjadřuje ráz krajiny, který vznikl působením přírodních a antropogenních procesů.

Forman a Godron (1993) formulují strukturu krajiny jako prostorové vztahy mezi zastoupenými charakteristickými ekosystémy. Jde tedy o rozložení druhů a energie ve vztahu k tvarům, velikostem, počtům a k rozložení krajinných ekosystémů. Na základě prostorové funkčních kritérií definovali krajinnou strukturu na tři základní krajinné složky. Jsou jimi krajinné plošky, krajinná matrice a krajinné koridory.

Ekosystémový přístup ke studiu struktury krajiny aplikoval například Miklín (2015), který ve své disertační práci zkoumá vývoj změny ploch, procesy a metrické charakteristiky mezi lety 1938 – 2009 v oblasti soutoku Moravy a Dyje. Využívá zde letecké a družicové snímky, kde jsou jednotlivé prvky na základě předem definované legendy rozděleny do stejných kategorií a poté v jednotlivých letech mezi sebou porovnávány. Podobným tématem se ve své práci zabíral i Milenovský (2013), který hodnotil změny struktury krajiny a jejich příčiny v zájmovém území obce Vranová Lhota. K vyhodnocení změn byly použity mapové podklady ze třech časových období, které byly digitalizovány a opět na základě legendy klasifikovány do jednotlivých tříd a v jednotlivých letech mezi sebou porovnávány.

2.4 Úvod do problematiky dálkového průzkumu Země

Existuje mnoho definic dálkového průzkumu Země. Podle Halounová, Pavelka (2008) je DPZ metoda, pomocí které je možno získávat informace o objektech a jevech na Zemi bezkontaktními metodami. Velice podobně definují DPZ (Ashraf, Maah, Yusoff, 2011), kteří definovali dálkové snímání jako shromažďování a interpretaci informací o objektu, oblasti nebo události bez fyzického kontaktu s objektem. Cambell a Wynne (2011) definovali DPZ jako

způsob získávání informací o zemském povrchu z ptačí perspektivy, pomocí elektromagnetického záření v jednom nebo více intervalech spektra, přičemž toto záření je buď odraženo, nebo emitováno ze zemského povrchu.

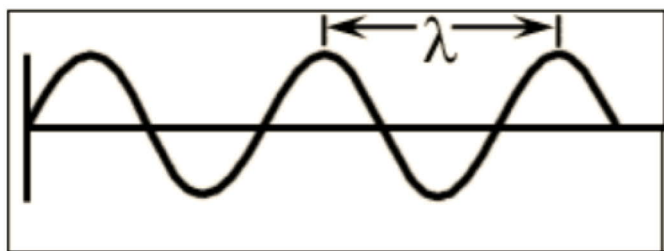
Výsledkem snímání metodami DPZ jsou zpravidla letecké snímky a družicové obrazové záznamy zpracovávány v dnešní době již převážně digitální formou. Z počátku převládaly při zobrazování zemského povrchu konvenční fotografické metody. Snímání zemského povrchu včetně povrchu moří a přilehlých vrstev atmosféry prostřednictvím orbitálních i stacionárních družic Země z velkých výšek si vynutila zavedení nových nekonvenčních metod a technik pro vlastní zobrazení, pro přenos získaných informací z družice na Zemi, jejich rychlé vyhodnocení a předání uživatelům. Ve stále větší míře se v těchto procesech uplatňují digitální metody přenosu a zpracování družicových záznamů Dobrovolný (1998).

Data DPZ se dělí na počet záznamů obrazových dat v různých vlnových délkách při jednom měření. Podle počtů záznamů hovoříme o datech monochromatických nebo panchromatických, které se měří jen v jednom spektrálním pásmu. Co se týče dat panchromatických, jsou specifická tím, že měří ve vlnovém rozsahu viditelné části spektra. Dalšími druhy dat jsou data multispektrální, která jsou měřena ve více jak jednom spektrálním pásmu. V dnešní době jsou stále více využívány daty hyperspektrální data, která se měří ve vysokém počtu spektrálních pásem, přičemž se jedná o desítky až stovky pásem (Halounová, Pavelka, 2008).

2.4.1. Elektromagnetické záření

Podstatou získávání dat DPZ o objektech a jevech je elektromagnetické záření. Základním faktorem pro sběr dat je skutečnost, že zkoumané předměty záření buď emitují, odrážejí anebo jím procházejí. Základní charakteristikou elektromagnetického záření je vlnová délka, tj. vzdálenost dvou bodů ve stejné fázi viz obrázek 1 (Svatoňová, 2013).

Obrázek 1: Schéma elektromagnetické vlny, λ – délka vlny



Zdroj:(Svatoňová, 2013)

Elektromagnetické spektrum zahrnuje elektromagnetické záření velkého rozpětí vlnových délek, které začíná krátkým gama zářením a končí dlouhými radiovými vlnami viz obrázek 2. Pro DPZ jsou využitelné následující intervaly viz tabulka 1. Výhodou DPZ oproti pouhému lidskému oku je to, že dokáže zachytit a použít i jiné části elektromagnetického spektra, než jen viditelné záření. Díky této schopnosti dokáže rozpoznat vlastnosti objektů, které lidské oko

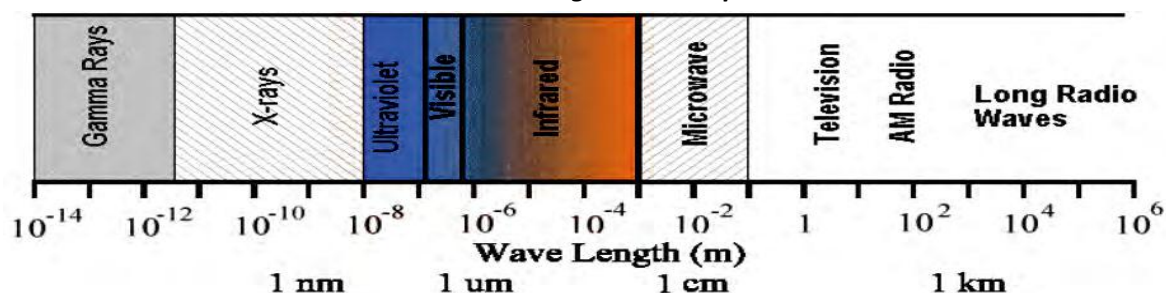
není schopno zachytit. Každá oblast spektra, která se používá v metodách DPZ, je využitelná pro různé analýzy v závislosti na tom, jakým způsobem se zkoumané objekty v dané oblasti chovají (Kupková, Štych, 2014).

Tabulka 1: Elektromagnetické spektrum využitelné pro DPZ

Český název	Anglický název	Vzdálenost
Ultrafialové záření	Ultraviolet radiation	0,1 – 0,4 μm
Viditelné světlo	Visible radiation	0,4 – 0,7 μm
Infračervené záření blízké	Near infrared radiation	0,7 – 1,4 μm
Infračervené záření střední	Middle infrared radiation	1,4 – 3 μm
Infračervené tepelné záření	Thermal infrared radiation	3 μm – 1 mm
Mikrovlnné záření	Microwave radiation	1 mm – 1 m

Zdroj: (Dobrovolný, 1998)

Obrázek 2: Základní oblasti dělení elektromagnetického spektra.

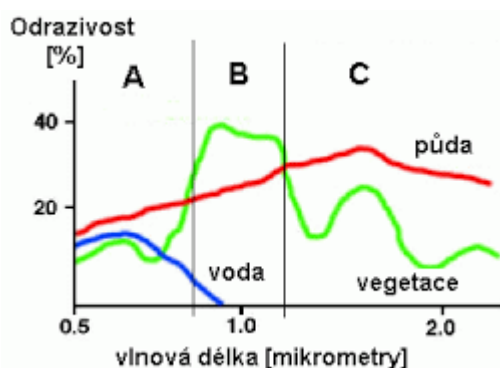


Zdroj: (Ashraf, Maah, Yusof, 2016)

2.4.2 Spektrální chování objektů

Každý objekt na zemském povrchu odráží, emituje anebo jím prochází záření různých vlnových délek svým charakteristickým způsobem. Intenzita odrazu, emitování, nebo průchodu záření závisí na elektromagnetických vlastnostech každé látky (Halounová, Pavelka, 2008). Kupková, Štych (2014) uvádějí, že to do jaké míry bude záření procházet, zda bude pohlceno, nebo odraženo, záleží na několika faktorech. Jednak na vlnové délce záření, dále na materiálu (voda, vegetace, beton atd.), stavu daného povrchu (vlhkost, příměs znečišťujících látek, stáří atd.) a také na úhlu dopadu. Pro dálkový průzkum je důležité záření odražené, které zachycují snímače a je tedy možnost s ním dále pracovat. Odrazové vlastnosti povrchů formují jejich takzvané spektrální chování. Spektrální chování objektů je nejlépe viditelné pomocí spektrální křivky odrazivosti, která je na obrázku 3.

Obrázek 3: Spektrální chování objektů



Zdroj: (Svatoňová, 2013)

2.4.3 Klasifikace obrazu

Klasifikace obrazu je v podstatě zařazování pixelů podle určitých znaků do jednotlivých kategorií. V obecném měřítku je to úkon, při kterém je jednotlivým obrazovým prvkům přiřazována informace. Cílem tohoto úkonu je nahradit naměřené radiometrické charakteristiky původního obrazu, které vyjadřují spektrální vlastnosti objektů, hodnotami informačních tříd. Typ a obsah informačních tříd je závislý na zaměření daného projektu. Tedy informační třídy si u řízené klasifikace určujeme na počátku práce v tzv. klasifikačním schématu. Naopak je tomu u neřízené klasifikace, kde si klasifikační třídy určujeme až po samotné klasifikaci obrazu (Dobrovolný, 1998). Pro provedení klasifikace je nutné použít tzv. rozhodující pravidlo, podle kterého se jednotlivé prvky zařazují do daných kategorií. V dnešní době, již existuje mnoho druhů klasifikací. Dvěma základními jsou objektově orientovaná (OBIA) a pixelová.

Objektově-orientovaná analýza obrazu (OBIA)

Člověk při vizuální interpretaci nevyhodnocuje v geografickém prostoru jednotlivě oddělené pixely, lidské oko se soustředí na homogenní celky snímku. Podle barevných (spektrálních), tvarových, velikostních, texturálních a dalších informací rozeznává jednotlivé objekty. Tento princip je do určité míry možné napodobit v digitálním světě. Pomocí klasifikačních modelů je možné rozdělit snímek do homogenních objektů, které se na základě segmentačních algoritmů vyhodnotí. Lze rozlišit několik segmentačních algoritmů, které se dělí na základě přístupu k jejich segmentaci. Klasifikační model používaný v objektových klasifikacích může být založen na tzv. tvrdých nebo měkkých klasifikátorech, podle kterých se dané objekty zařazují do tříd. Do těchto tříd se zařazují na základě klasifikačních pravidel, které jsou předem určeny (GISAT, 2018).

Pixelová klasifikace

Oproti klasifikaci objektově orientované se pixelová klasifikace orientuje na jeden samostatný pixel zkoumaného obrazu, který pomocí klasifikačních algoritmů zařadí do jednotlivých tříd. Mezi tyto algoritmy patří celá řada metod řízené a neřízené klasifikace. Hlavní rozdíl mezi

řízenou a neřízenou klasifikací tkví v tom, do jaké míry uživatel zasahuje do procesu celé klasifikace. U řízené klasifikace se obraz vyhodnocuje na základě trénovacích ploch, tudíž uživatel zásadním způsobem ovlivňuje výsledek vhodným výběrem těchto množin. U klasifikace neřízené se obraz vyhodnocuje na základě shlukových analýz, kde má uživatel možnost vybrat počet cílových tříd klasifikace (Harris Geospatial Solutions, 2018).

2.4.4 Neřízená klasifikace

Při neřízené klasifikaci nejsou používány trénovací množiny, nýbrž jsou využívány principy shlukové analýzy, tedy pouze statistické rozdělení pixelů, kde uživatel následně určí počet klasifikačních tříd a přiřadí jim tematický obsah (Harris Geospatial Solutions, 2018).

Průběh neřízené klasifikace:

1. Definování maximálního a minimálního počtu shluků.
2. Generování počátku střední hodnoty pro každý shluk.
3. Přiřazení všech pixelů ke shluku, ke kterému mají v příznakovém prostoru nejbližší.
4. Výpočet nové střední hodnoty na základě přiřazených pixelů.
5. Opakování kroků 3. a 4. dokud se poloha shluků či počet pixelů zařazených do konečných shluků nemění.
6. Přiřazení tematického obsahu k jednotlivým tzv. stabilním shlukům.
7. Vytvoření informačních tříd spojováním spektrálních tříd.

Mezi algoritmy neřízené klasifikace patří například metody *K-means clustering*, *Fuzzy K-means Clustering* a *nejpoužívanější metoda ISODATA* (Harris Geospatial Solutions, 2018).

2.4.5 Řízená klasifikace

Jak již bylo zmíněno výše, u řízené klasifikace záleží především na uživateli, jakým způsobem se bude klasifikace ubírat. Základním principem řízené klasifikace je přiřazování jednotlivých pixelů do uživatelem definovaných tříd pomocí vyhodnocených vlastností trénovacích množin (Dobrovolný, 1998).

Průběh řízené klasifikace:

1. Výběr trénovacích množin.
2. Výpočet spektrálních příznaků (statistických charakteristik) pro trénovací množiny a výběr vhodných pásem pro samotnou klasifikaci.
3. Výběr vhodného klasifikátoru pro zařazení pixelů do jednotlivých tříd.
4. Zařazení obrazových prvků do definovaných tříd.
5. Celková úprava obrazu, hodnocení a prezentace výsledků klasifikace.

Získání trénovacích množin je jednou z neodmyslitelných částí celé řízené klasifikace. Zpravidla se získávají z terénního průzkumu nebo z jiných zdrojů například z ortofo map. Kvalita

jejich výběru se poté odráží na celkové přesnosti výsledků klasifikace. Zpracovatel by měl především dbát na komplexnost a reprezentativnost trénovacích množin. (Dobrovolný, 1998).

Pro řízenou klasifikaci je v této práci využit algoritmus Maximální pravděpodobnosti (Maximum likelihood).

Dle Halounové a Pavelky (2008) je klasifikátor maximální pravděpodobnosti založen na předpokladu, že rozdělení bodů tvořících jednu třídu trénovacích dat má Gaussovo, tedy normální rozdělení. Tento klasifikátor vyhodnocuje jak změny, tak kovarianci kategorie i její spektrální odezvy. Princip tohoto klasifikátoru tkví ve výpočtu pravděpodobnosti jednotlivého pixelu, který je na základě výpočtu přiřazen do určité třídy. Klasifikátor Maximum likelihood se řadí mezi takzvané měkké, jelikož uvažuje hodnotu ztrátové funkce a zařadí pixel do dalších tříd i s nižší hodnotou pravděpodobnosti (Halounová, Pavelka, 2008).

Výsledkem výše zmíněných úkonů řízené klasifikace je statistický popis hledaných tříd, které se získají z trénovacích množin. Klasifikátor maximální pravděpodobnosti funguje na základě výpočtu pravděpodobnosti, s jakou klasifikovaný pixel patří do určité třídy. Vychází z předpokladu, že shluky pixelů v trénovacích souborech mají normální rozdělení. Poté při samotné klasifikaci jednotlivého pixelu klasifikátor kvantitativně hodnotí rozptyl hodnot, kovarianci i korelaci každé třídy. Hodnoty, které mají stejné pravděpodobnosti, tvoří ve vícerozměrném prostoru izolinie, které mají zpravidla tvar elipsy. Klasifikovaný pixel se zařadí do třídy, do které s největší pravděpodobností patří (Dobrovolný, 1998).

2.4.6 Hodnocení přesnosti klasifikace

Podle Halounové, Pavelky (2008) neexistuje jednoduchý standardní postup, nebo metoda určující přesnost klasifikace. Velkou roli hraje množství a kvalita podpůrných dat. Nejčastější používané přístupy srovnávají digitální výsledky klasifikace se skutečností. Jedním ze způsobů je porovnávání výsledků s testovacími plochami, které jsou získávány z jiných referenčních dat a jsou náhodně umístěny mimo trénovací plochy. Trénovacími plochami jsou zpravidla reprezentativní stejnorodé typy zemského povrchu.

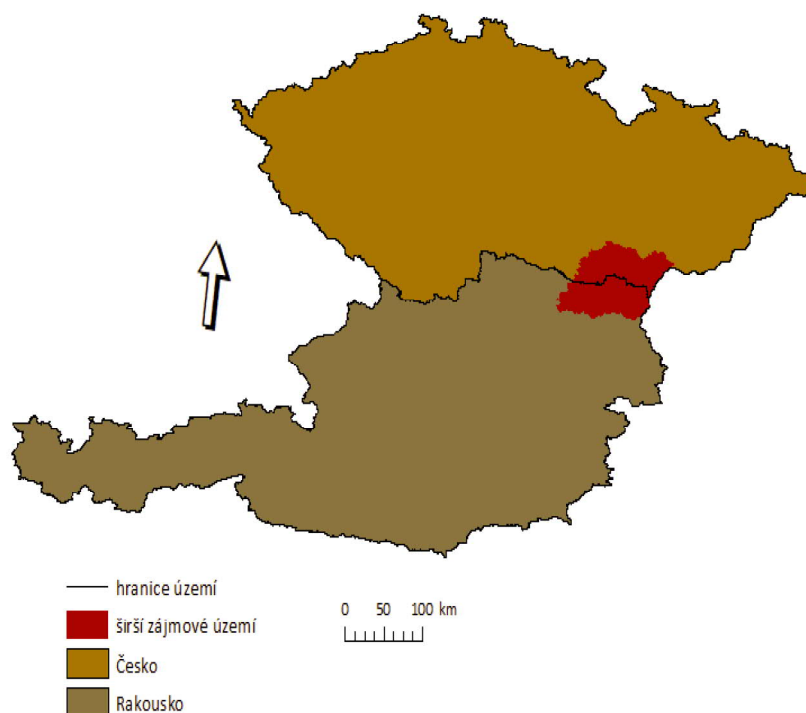
Dobrovolný (1998) uvádí jako nejpoužívanější přístup k hodnocení přesnosti klasifikace výpočet chybové matice. Tato matice porovnává vztah mezi výsledky klasifikace a testovacími plochami, které jsou získávány z jiných podpůrných zdrojů. Matice má čtvercový tvar, počet řádků a sloupců odpovídá počtu hodnocených tříd. Ve výpočtu chybové matice jde tedy o přesnost zařazení pixelů z natrénovaných množin do odpovídajících tříd ve výsledné klasifikaci. Počty porovnávaných pixelů jsou uvedeny v procentech. Výsledná přesnost se nachází v hlavní diagonále matice pro každou sledovanou třídu. Z těchto hodnot je poté vypočtena přesnost průměrná. Chybová matice také udává přesnost z hlediska uživatele, přesnost z hlediska zpracovatele a Kappa koeficient. Přesnost z hlediska uživatele určuje pravděpodobnost s jakou je pixel přiřazen do určité třídy, kterou má skutečně reprezentovat. Přesnost z hlediska zpracovatele je podíl správně klasifikovaných pixelů a počtu použitých pixelů pro testování dané třídy. Kappa koeficient porovnává výslednou klasifikaci s klasifikací vzniklou čistě

náhodným procesem zařazování pixelů do tříd, například hodnota 0,9 znamená, že jsme se vyhnuli 90 % chyb, které by vznikly náhodným zařazováním (Dobrovolný, 1998).

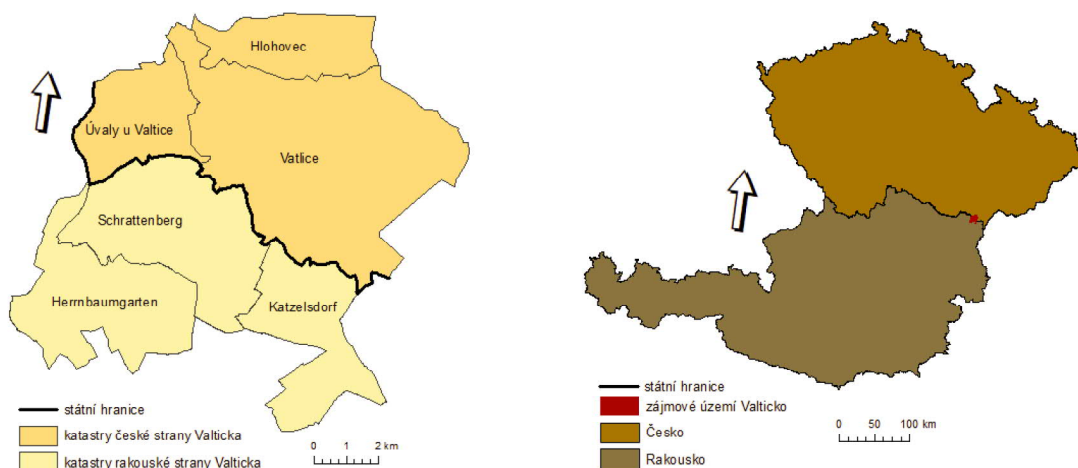
3. Vymezení a charakteristika území

V práci je s využitím dat družic Landsat hodnoceno jednak širší zájmové území a dále s využitím dat družice Rapid Eye území, jehož vymezení je přesně převzato z práce Rašína a Chromého (2010). Území se nachází v Jihomoravském kraji a zahrnuje okres Břeclav, východní část okresu Znojmo a západní část okresu Hodonín na české straně a na rakouské straně spadá do administrativní jednotky Dolní Rakousy a zahrnuje okres Mistelbach, severní část okresu Gansersdorf a východní část okresu Hollabrunn. Menší území na české straně zahrnuje katastrální jednotky Hlohovec, Úvaly u Valtic a Valtice. Na rakouské straně zahrnuje katastrální jednotky Katzelsdorf, Schrattenberg a Herrnbaumgarten. Celkově jsou obě území nížinatého charakteru a vyznačují se různorodou skladbou vegetace, členitostí i využitím půd. Pro lepší představu, kde se zájmová území nachází, jsou přiloženy mapky viz obrázek 4 a 5.

Obrázek 4: Mapa širšího zájmového území



Obrázek 5: Mapa zájmového území Valticka



Vzhledem k tématu práce, se popis území věnuje všem složkám krajinné sféry, které ovlivňují vegetaci. Z fyzicko-geografických činitelů má na krajinu největší vliv především klima, georeliéf, pedosféra a biosféra. Díky své unikátní poloze mají velký vliv na krajinnou sféru i socioekonomické faktory především osídlení a v tomto případě hlavně rozdílný politický vývoj Rakouska a České republiky.

3.1 Fyzickogeografická charakteristika

Zájmové území bylo vytvořeno Alpsko-Himalájským vrásněním. Toto vrásnění je nejmladší a je známé svojí větší horizontální i vertikální členitostí oproti Hercynskému nebo Kaledonskému vrásnění. Ve sledovaném území se rozkládá rozlehlá Panonská pánev, která se dále dělí na menší celky. Celé území spadá pod celek Západopanonské pánve, která se dále dělí na Vídeňskou pánev na rakouské straně a na české straně na Jihomoravskou pánev. Vídeňská pánev je tektonická sníženina pokrytá sedimenty mořských usazenin středního a svrchního miocénu (Demek, Mackovčín, 2006).

Klima představuje základní faktor, který působí na většinu ostatních přírodních procesů a má tak přímý vliv na charakter reliéfu, hydrografickou síť, vývoj půd a odtokový režim. Tolasz ed. (2007) rozdělil území do 16 klimatických tříd podle různých charakteristik. Zájmovým územím prochází nejteplejší třída z těchto tříd, konkrétně třída T4. Průměrné roční teploty se pohybují okolo 10 až 11 stupňů Celsia. Průměrné roční srážky se pohybují od 450 do 550 mm za rok. Z těchto poznatků je zřejmé, že se jedná o jednu z nejteplejších a zároveň z nejsušších částí území české i rakouské strany.

Půda jistou měrou ovlivňuje vegetační charakteristiky, proto bývá zahrnována do komplexní typologie krajiny. Na půdní mapě Němečka a Kozáka (2003) lze vidět, že celkově převládají černozemě a černice, což jsou nejúrodnější půdy. Velká část území je tedy pokryta kvalitní ornou půdou. V okolí řek Dyje a Moravy se rozkládají rozsáhlé fluvizemě, které jsou vývojově velmi mladé a tvoří je převážně říční náplavy.

Potenciální přirozená vegetace je nezbytným podkladem při vymezování přírodních krajinných typů. Podle Neuhauslové et. al. (2001) se ve sledovaném území rozkládají v největší míře dubo-habrové háje a v okolí řek, jako jsou Dyje a Morava, se nachází luhy a olšiny.

3.2 Socioekonomická charakteristika

Výjimečnost a vhodnost výzkumu v tomto regionu je třeba pochopit v širších historicko-geografických souvislostech. V 19. století se území vyvíjelo společně, jelikož bylo součástí Rakouska - Uherska. Nicméně 20. století přineslo významné politické a sociální změny.

Na přelomu 19. a 20. století nastal přechod od extenzivního k intenzivnímu způsobu využívání krajiny. Důležitou událostí pro sledované pohraničí, byla změna po roce 1945, kdy došlo ke zvýšení ochrany hranic a na české straně k odsunu německého obyvatelstva. Vliv socioekonomických faktorů vyústil ve druhé polovině 20. století k rapidnímu nárůstu zastavěných a ostatních ploch. Tento jev způsobil, že socioekonomický vývoj byl na straně bývalého východního bloku v průběhu socialistické éry zpomalen a deformován (Najman, 2006). Z tohoto úhlu pohledu lze očekávat po roce 1990 větší změny ve struktuře krajiny na české straně v porovnání se stranou rakouskou, kde lze očekávat minimální změny struktury krajinného pokryvu.

Zemědělství zásadním způsobem ovlivňuje krajinnou strukturu a její využití. Česká strana byla po dlouhých 40 let ovlivňována centralizovaným zemědělstvím, které vedlo k nerozumným a nevýhodným způsobům využíváním krajinných struktur (Rašín, Chromý, 2010). Zatímco rakouská strana se ubírala ke specializaci regionů na určitou koncentraci zemědělské činnosti, jež byla v daném regionu nejvýhodnější (Najman, 2006). Z těchto předpokladů lze dedukovat, že česká strana se po roce 1989 bude s větší intenzitou snažit změnit využívání pokryvu ploch, naopak rakouská strana bude pokračovat v zajištění systému a změny budou menší.

4. Data

V práci byla využita data družic Landsat 5, Landsat 8, Rapid Eye a ortofota z oblasti zájmového území pro území Česka a Rakouska.

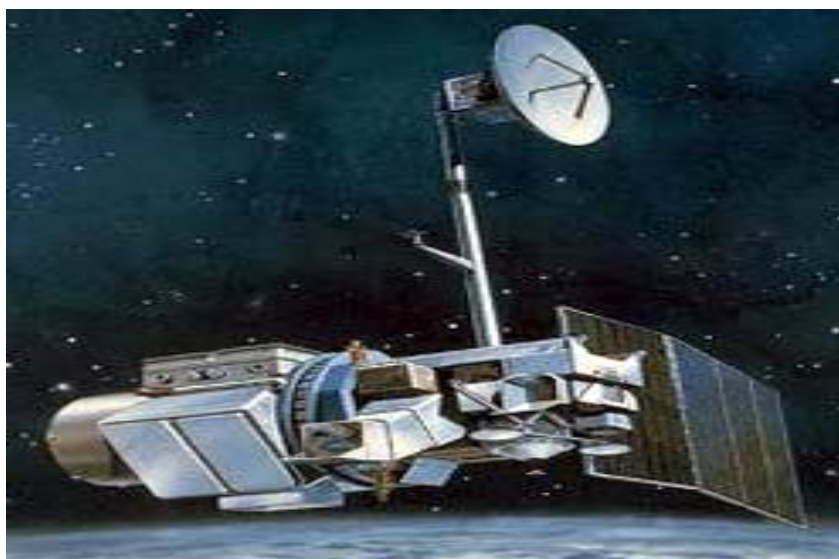
4.1 Charakteristika dat družic Landsat

Družicový program Landsat funguje již od roku 1972 a je provozován americkými společnostmi NASA a USGS. První tři družice Landsat, tzv. první generace, byly vybaveny dvěma senzory RBV (Return Beam Vidicon) a multispektrálním skenerem MSS. Druhá generace družic Landsat, odstartována vypuštěním družice Landsat 4 v roce 1982, nesla znovu multispektrální skener MSS a sedmikanálový skener TM (Thematic Mapper). Celkově bylo vypuštěno do vesmíru několik družic Landsat 1 až Landsat 8, ze kterých jsou funkční tři: Landsat 5, Landsat 7 a Landsat 8 (USGS, 2018a).

4.1.1 Data družice Landsat 5

Družici Landsat 5 vynesla na oběžnou dráhu ve vesmíru raketa Delta 3920 1.3. 1984. Landsat 5 obíhá v orbitální výšce 705 km s periodou 16 dní. Tato družice snímá zemský povrch dvěma senzory. Prvním je multispektrální senzor TM, který snímá v sedmi spektrálních pásmech s prostorovým rozlišením 30 a 120 metrů. Druhým senzorem je multispektrální senzor MSS, který snímá pouze ve čtyřech spektrálních pásmech s prostorovým rozlišením 80 m. Družice má rozsah záběru snímání 185 km pro oba senzory a je zobrazena na obrázku 6. V tabulce 2 jsou spektrální pásma Landsatu 5 (USGS, 2018b).

Obrázek 6: *Družice Landsat*



Zdroj: (USGS, 2018b)

Tabulka 2: Spektrální pásma Landsat 5

Označení pásma	Rozsah od [μm]	Rozsah do [μm]	Kódování spektrál. pásma	Prostorové rozlišení [m]	Senzor
1	0,45	0,52	BLUE	30	TM
2	0,52	0,6	GREEN	30	TM
3	0,63	0,69	RED	30	TM
4	0,76	0,9	NIR	30	TM
5	1,55	1,75	SWIR	30	TM
6	10,42	12,5	TIR	120	TM
7	2,08	2,35	SWIR	30	TM
8	0,5	0,6	GREEN	80	MSS
9	0,6	0,7	RED	80	MSS
10	0,7	0,8	NIR	80	MSS
11	0,8	1,1	NIR	80	MSS

Zdroj: (USGS, 2018b)

4.1.2 Data družice Landsat 8

Družici Landsat 8 vynesla na oběžnou dráhu do vesmíru raketa Atlas-5 dne 11. února 2013. Družice obíhá orbitální výšce 705 km a opět snímá zemský povrch dvěma senzory. Prvním z nich je senzor OLI (Operational Land Imager), který snímá v devíti spektrálních pásmech s prostorovým rozlišením 30 m pro multispektrální pásma a s prostorovým rozlišením 15 m pro panchromatická pásma. Druhým senzorem je senzor TIRS (Thermal Infrared Sensor), který pracuje ve dvou infračervených pásmech a snímá tepelná data s prostorovým rozlišením 100 m (USGS, 2018c). Družice je vidět na obrázku 7 Spektrální pásma družice Landsat 8 naleznete v tabulce č. 3.

Obrázek 7: Družice Landsat 8



Zdroj: (USGS, 2018c)

Tabulka 3: Spektrální pásma Landsat 8

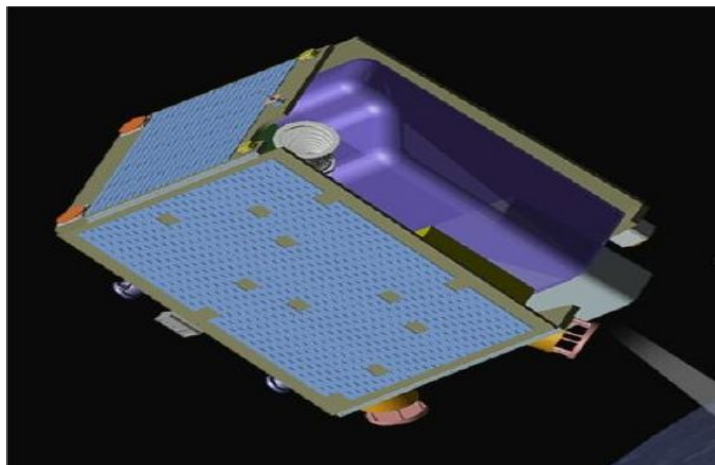
Označení pásma	Rozsah od [μm]	Rozsah do [μm]	Kódování spektrál. pásma	Prostorové rozlišení [m]	Senzor
1	0,433	0,453	COASTAL	30	OLI
2	0,45	0,515	BLUE	30	OLI
3	0,525	0,6	GREEN	30	OLI
4	0,63	0,68	RED	30	OLI
5	0,845	0,885	NIR	30	OLI
6	1,56	1,66	SWIR	30	OLI
7	2,1	2,3	SWIR	30	OLI
8	0,5	0,68	PAN	15	OLI
9	1,36	1,39	SWIR	30	OLI
10	10,6	11,19	TIR	100	TIRS
11	11,5	12,51	TIR	100	TIRS

Zdroj: (USGS, 2018c)

4.2 Charakteristika dat družice Rapid Eye

Družice Rapid Eye byla zkonstruována společností MacDonald Dettwiler a vypuštěna z rakety Dněpr-1 dne 29. srpna 2008. Obsahuje pět satelitů a snímá zemský povrch z orbitální výšky 630 km. Oproti družicím Landsat se snímání zemského povrchu opakuje častěji, a to denně mimo bod nadiru a pět a půl dne v bodě nadiru. Další výhodou je snímání ve vysokém prostorovém rozlišení 6,5 m, které poskytuje snímky ve vysoké kvalitě. Jako u předešlých družic používá družice Rapid Eye multispektrální senzor v tomto případě senzor MSPBI, který snímá v pěti spektrálních pásmech (SIC, 2018). Spektrální pásma z družice Rapid Eye jsou v tabulce č. 4. Obrázek družice naleznete na obrázku 8.

Obrázek 8: Družice Rapid Eye



Zdroj: (SIC, 2018)

Tabulka 4: Spektrální pásma družice Rapid Eye

Označení pásma	Rozsah od [μm]	Rozsah do [μm]	Kódování spektrál. pásma	Prostorové rozlišení [m]	Senzor
1	0,44	0,51	BLUE	6,5	MSPBI
2	0,52	0,59	GREEN	6,5	MSPBI
3	0,63	0,685	RED	6,5	MSPBI
4	0,69	0,73	RED EDGE	6,5	MSPBI
5	0,76	0,85	NIR	6,5	MSPBI

Zdroj: (SIC, 2018)

4.3 Další použítá data

Pro potřeby bakalářské práce byla dále použita ortofota zájmových území, na základě kterých byla vytvořena maska zástavby pro všechny sledované roky. Dalším využitím ortofoto bylo získání trénovacích ploch pro všechny sledované kategorie.

Posledním zdrojem byla databáze LPIS, z níž byly získány trénovací plochy vinic a trvalých kultur pro snímek z družice Rapid Eye pro rok 2016.

5. Metody

5.1 Získání a předzpracování dat

Data z družic Landsat byla po registraci stažena ze serveru Americké geologické služby - USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Snímky družice Landsat 8 senzorů OLI a TIRS byly staženy v úrovni geometrických korekcí L1TP, kolekce T1 a pro Landsat 5 ze senzoru TM, úroveň geometrických korekcí L1TP, kolekce T1. Snímky družice Rapid Eye byly získány opět po registraci (pro akademickou sféru jsou volně dostupné) z archivu společnosti Planet na stránkách <https://www.planet.com>. Snímky jsou ze senzoru MSPBI kolekce 3A s geometrickými korekcemi. Snímky použité pro hodnocení změn pro každou družici ze dvou let byly vybírány ve stejném období roku (měsíc, a pokud možno i den) co nejbližší k sobě, aby porovnání bylo korektní. Typy dat a termíny pořízení snímků jsou uvedeny v Tabulce č. 4. Snímky družic Landsat byly vybrány tak, aby první termín zachycoval stav krajiny těsně na konci období komunismu a druhý termín byl co nejvíce vzdálený. Při zohlednění kritéria srovnatelných termínů v období roku a co nejmenšího množství oblačnosti byly zvoleny snímky ze září let 1991 a 2016. Snímky družice Rapid Eye byly dostupné od roku 2010. První z nich je tedy z tohoto roku a druhý, opět s ohledem na výše zmíněná kritéria výběru, je z roku 2016. Též byly voleny zářijové termíny, aby data z obou senzorů byla termínově co nejbližší.

Tabulka 5: Typy dat a termíny pořízení snímků

Družice	Typ dat	Datum	Použitá pásma
Landsat 5	T1	10. 9. 1991	1, 2, 3
Landsat 8	T1	30. 9. 2016	2, 3, 4
Rapid EYE	3A	22. 8. 2010	1, 2, 3
Rapid EYE	3A	1. 9. 2016	1, 2, 3

Data družic Landsat jsou rozdělena na jednotlivá pásma a nelze je do programu ENVI 5.4 nahrát najednou, ale pouze po jednotlivých pásmech. Pro lepší manipulaci s daty jsem je spojil, pomocí funkce *Stack layers*, v jeden soubor, se kterým lze lépe pracovat. Data, již obsahují atmosférické korekce, tudíž nebylo potřeba tento krok podstoupit. Dalším úkonem bylo oříznutí snímků hranicí zájmového území, pomocí funkce *Resize data* v ENVI 5.4.

Data z družice Rapid Eye nebyla stažena jednotlivě, ale v jednom souboru. Problém byl, ale v tom, že data byla rozdělena na 4 scény, které se vzájemně překrývaly. Prvním krokem tedy bylo spojení všech scén v jednu tak, aby obsahovala celé zájmové území. Pro tento krok byla použita funkce *Seamless Mosaic*, pomocí které se vytvořila jen jedna scéna se zachováním všech původních dat. Na data byla aplikována atmosférická korekce s využitím metody *QUick Atmospheric Correction* v ENVI. Posledním krokem v přípravě dat bylo oříznutí scény hranicí zájmové území pomocí funkce *Resize data*.

5.2 Tvorba masky

Při několika ne zcela úspěšných pokusech o klasifikaci, jsem se rozhodl odmaskovat zástavbu, která se do značné míry podílela na špatných výsledcích klasifikace. Tento krok byl proveden v programu ArcMap. Nejprve jsem prostřednictvím WMS služeb stáhl ortofota z roku 2016 pro českou i rakouskou stranu, která sloužila jako podklad. Poté jsem vytvořil prázdný shapefile, kterému jsem nastavil stejný Coordinate systém -> WGS 1984 UTM Zone 33N a pomocí nástroje Editor -> Create features zvektorizoval obec po obci v celém zájmovém území, nejprve pro snímky Landsat a ve druhé fázi i pro snímky Rapid Eye. U snímku Landsat z roku 2016 byla do masky ještě zahrnuta dálnice, která byla nově vystavěna.

U snímků Landsat byla odmaskována i oblačnost, která se na snímcích ve velice malé míře vyskytovala a ovlivnila by výsledky klasifikace. Nejprve jsem tedy do programu ENVI 5.4 nahrál vrstvy, které obsahovaly oblačnost v tomto případě vrstvy *Pixel Qa*. Po nahrání vrstev jsem zjistil na stránkách <https://landsat.usgs.gov>, jaké hodnoty pixelů Qa má oblačnost. Pro Landsat 5 je to 1 až 112 a pro Landsat 8 1 až 322. Po zjištění hodnot jsem pomocí nástroje *Build Mask* odfiltroval oblačnost ze snímků a vytvořil z nich samostatné vrstvy, které jsem přidal k masce zástavby a vytvořil jednotnou masku pro zájmové území. Pro snímky Rapid Eye nebyla tato operace nutná, jelikož oblačnost neobsahovaly. Takto vytvořené masky byly použity pro klasifikaci obou termínů obou typů dat. Byla tedy zanedbána změna rozlohy zastavěného území, protože byla malá a tvorba masky vektorizací po jeden časový horizont byla velmi náročná.

5.3 Klasifikační legenda

Pro potřeby této práce byla vytvořena klasifikační legenda, která je odvozena od legendy Rašína a Chromého (2010). Pro menší zájmové území Valticka, které bylo analyzováno z dat družice Rapid Eye zůstala legenda téměř stejná jako u Rašína a Chromého (2010). Pozměněna byla pouze poslední kategorie ostatní plochy, do které byla zařazena maska zástavby, dálnice a lomy. Pro širší zájmové území analyzované s využitím dat družic Landsat byla legenda upravena více. Jelikož prostorové rozlišení dat je pro některé kategorie nedostatečné, nebyly klasifikovány trvalé kultury a o ostatní plochy, které jsou již zahrnuté v masce. Využité klasifikační legendy jsou v tabulkách 6 a 7.

Tabulka 6: Klasifikační legenda pro zájmové území Valticka klasifikované z dat družice Rapid Eye

1	orná půda (OP)
2	vinice (V)
3	trvalé travní porosty (TTP)
4	lesní plochy (LP)
5	trvalé kultury (TK)
6	vodní plochy (VP)
7	ostatní plochy + maska (OP)

Tabulka 7: Klasifikační legenda pro širší zájmové území klasifikované z dat družic Landsat

1	orná půda (OP)
2	vinice (V)
3	trvalé travní porosty (TTP)
4	lesní plochy (LP)
5	vodní plochy (VP)
6	maska (OP)

5.4 Klasifikace

Řízené klasifikace probíhají s využitím trénovacích ploch. Prvním krokem klasifikace tedy bylo nasbírání těchto ploch. První pokus klasifikací byl s trénovacími plochami získanými ze samotných snímků. Tyto klasifikace nebyly příliš kvalitní, a proto jsem musel trénovací plochy získat z jiných zdrojů. Základním zdrojem byly ortofotomapy, kde jsem trénovací plochy v programu ArcMap zvektorizoval zvlášť každou sledovanou třídu a poté je rozdělil na data trénovací a validační. Pro každý sledovaný rok byl ze všech družic vytvořen vlastní trénovací a validační set. U snímků z družice Rapid Eye byly trénovací a validační sety doplněny o plochy získané přímo ze snímků a to díky velmi vysokému rozlišení těchto snímků. Navíc u snímku z roku 2016 družice Rapid Eye byly sety doplněny o plochy ze serveru EAGRI – z dat databáze LPIS. Trénovací i validační množiny byly nasbírány rovnoměrně z celých snímků v závislosti na výskytu jednotlivých kategorií.

Ještě před samotnými klasifikacemi byl pro všechny trénovací sety proveden test separability. Test slouží k výpočtu ukazatelů charakterizujících spolehlivost oddělitelnosti sledovaných tříd. Tento krok byl proveden opět v programu ENVI 5.4 pomocí funkce *ROI*

separability -> *Imput raster*, kde byly vybrány všechny spektrální třídy sledovaného snímku-> *Select all Items*, což jsou třídy s trénovacími plochami -> spuštění testu. Nejlepší a nejhorší výsledky testu separability najdete v tabulce 8 pro širší zájmové území a v tabulce 9 pro zájmové území Valticko.

Tabulka 8: Výsledky testu separability pro širší zájmové území

	Trénovací sety 10. 9. 1991		Trénovací sety 30. 9. 2016	
	Kategorie	Hodnota	Kategorie	Hodnota
nejlepší separabilita	vinice-lesní plochy	1,98	kategorie	1,99
nejhorší separabilita	trvalé travní porosty-orná půda	1,19	vinice-trvalé travní porosty	1,22

Tabulka 9: Výsledky testu separability pro zájmové území Valticko

	Trénovací sety 22. 08. 2010		Trénovací sety 1. 9. 2016	
	Kategorie	Hodnota	Kategorie	Hodnota
nejlepší separabilita	trvalé kultury - voda	1,99	ostatní plochy-voda	2,00
nejhorší separabilita	trvalé kultury - vinice	1,23	trvalé kultury-vinice	1,12

Všechny klasifikace metodou maximální pravděpodobnosti probíhaly v programu ENVI 5.4. s využitím funkce *Classification Workflow* -> *Imput Raster* – vybrán sledovaný snímek, *Imput mask* -> zde byla nahrána, již zmiňovaná maska. Následovalo zvolení Řízené klasifikace -> *Use Training Data*, kde byly nahrány vytvořené trénovací sety -> zvolení klasifikátoru *Maximu Likelihood* -> nastavení klasifikátoru na *Probality threshold: None* -> spuštění klasifikace. Výsledek byl uložen ve formátu rastru i shapefilu.

5.5 Hodnocení struktury krajiny

Struktura krajiny a její změny byly hodnoceny na základě parametrů (1) průměrná velikost plochy jednotlivých kategorií a (2) průměrná délka hranice (obvodu) jednotlivých kategorií, (3) délka hranice na plochu (což je průměrná délka hranice vztažená k průměrné velikosti plošky dané kategorie). Hodnocení těchto parametrů probíhalo v programu ArcMap, kam byly nahrány shapefilly výsledných klasifikací, a kde byly následně vygenerovány jejich atributové tabulky, které obsahovaly údaje o plochách. V programu Excel byly následně pomocí jednoduchých funkcí vypočteny uvedené parametry.

5.6 Hodnocení přesnosti klasifikace

Přesnost klasifikace byla vypočítána na základě validačních dat pomocí funkce *Confusion Matrix Using Ground Truth ROIs* v ENVI 5.4. Vygenerována byla chybová matice a z ní vypočítána celková přesnost, kappa koeficient, zpracovatelská a uživatelská přesnost.

5.7 Zpracování výsledků klasifikací

Výsledné klasifikace byly nahrány do programu ArcMap a na základě klasifikačního klíče byla pro každý sledovaný rok vytvořena mapová kompozice. Poslední částí bylo vytvoření tabulek a grafů celkových rozloh kategorií land cover a jejich změn v programu Excel. Data pro výsledné tabulky a grafy byla získána z atributových tabulek klasifikačních výstupů v programu ArcMap.

6. Výsledky

Výsledky klasifikací - údaje o všech sledovaných třídách (orná půda, vinice, TTP, trvalé kultury, lesní plochy, vodní plochy, ostatní plochy, maska) z jednotlivých časových období, byly zpracovány do tabulek, grafů a mapových kompozic.

6.1 Rozlohy kategorií land cover a jejich změny pro širší zájmové území z družic Landsat

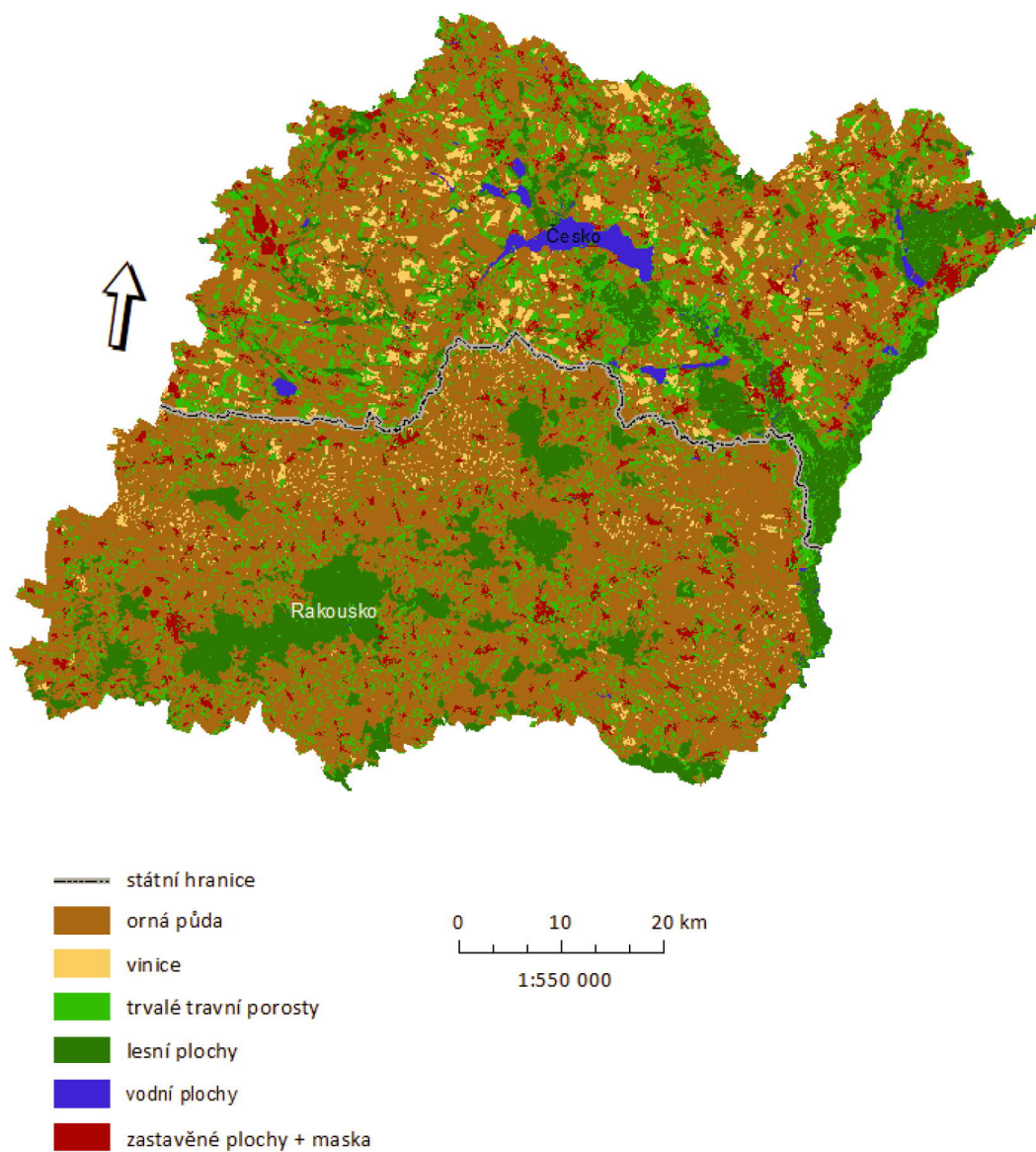
V tabulce 10 jsou uvedeny údaje o rozloze jednotlivých tříd v letech 1991 a 2016 vyjádřené v hektarech a také v procentech za celé širší zájmové území. Jejich změna mezi lety 1991 a 2016 je vyjádřena v procentních bodech. Mapové kompozice jsou na obrázcích 9 a 10.

Tabulka 10: Stav a změny rozlohy kategorií land cover v širším zájmovém území hodnocené z družic Landsat

1991			2016			Změna v procentních bodech
Třídy	Plocha (ha)	%	Třídy	Plocha (ha)	%	
trvalé travní porosty	75 938,45	16,56	trvalé travní porosty	87 200,87	19,02	2,46
vinice	24 903,30	5,43	vinice	34 856,64	7,60	2,17
vodní plochy	5 967,18	1,30	vodní plochy	6 184,98	1,35	0,05
orná půda	272 584,45	59,45	orná půda	253 292,56	55,24	-4,21
lesní plochy	65 376,00	14,26	lesní plochy	63 138,33	13,77	-0,49
maska	13 751,37	3	maska	13 838,37	3,02	0,02
celkem	458 520,75		celkem	458 520,75		

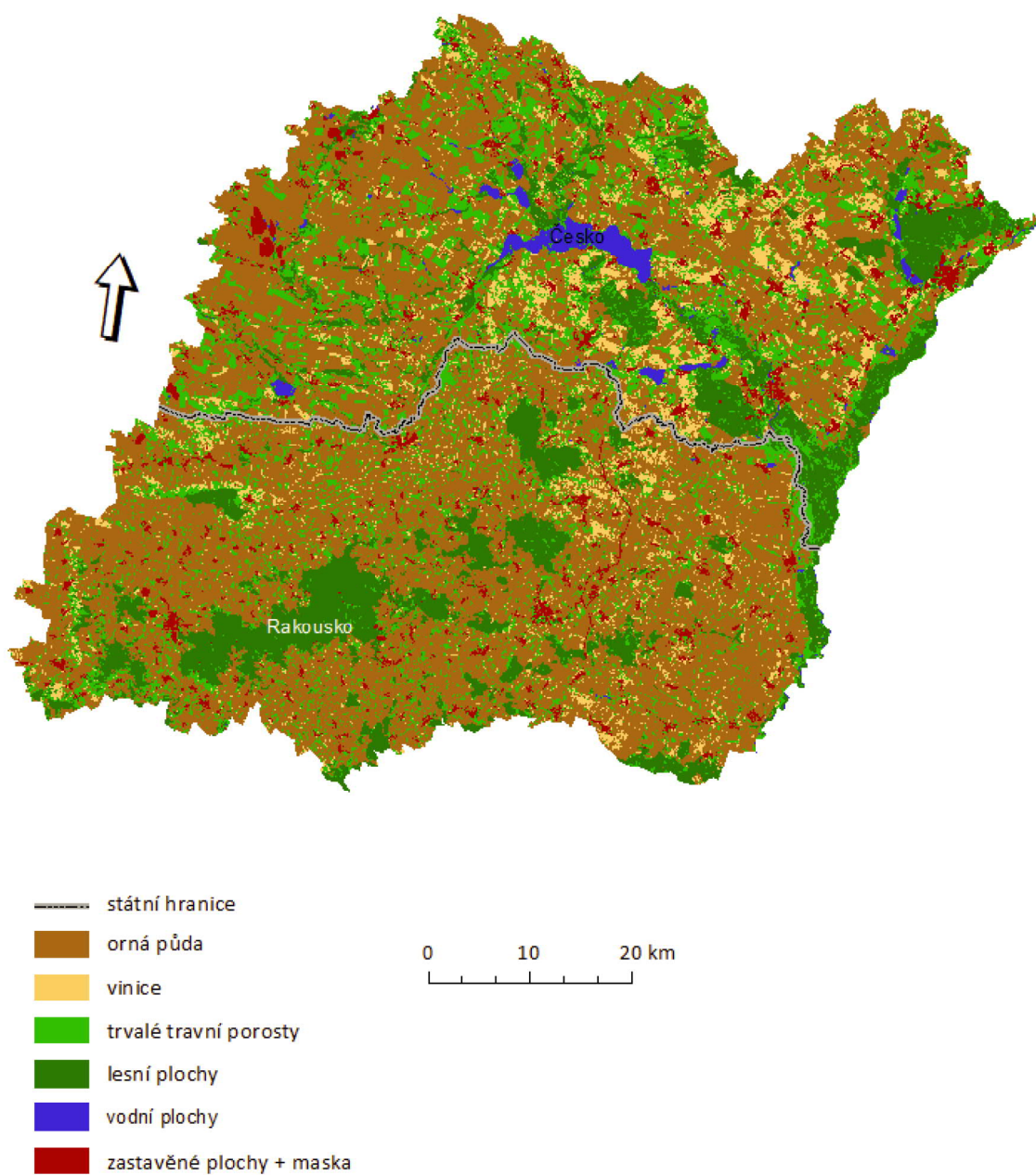
Nejvíce zastoupenou kategorií v obou sledovaných obdobích je orná půda, poté následují trvalé travní porosty a lesní plochy. Naopak nejméně zastoupenou kategorií jsou vodní plochy, které zaznamenaly i nejmenší rozdíl ploch mezi lety 1991 a 2016, který činil pouze 0,5 procentního bodu. Největší změna byla zjištěna pro kategorii orná půda, jejíž rozloha ve sledovaném období klesla o 4,21 procentního bodu. Druhou největší změnu - nárůst o 2,46 procentního bodu zaznamenala kategorie trvalé travní porosty a relativně hodně přibývaly také vinice.

Obrázek 9: Krajinný pokryv širšího zájmového území – výstup z klasifikace dat družice Landsat 5 pro termín 10. 9. 1991



Jindřich BRŮŽEK
Albrechtice 2018

Obrázek 10: Krajinný pokryv širšího zájmového území – výstup z klasifikace dat družice LANDSAT 8 pro termín 30. 9. 2016



Jindřich BRŮŽEK
Albrechtice 2018

6.2 Rozlohy kategorií land cover a jejich změny pro českou a rakouskou stranu z družic Landsat

Z obrázků 9, 10 a 11 a tabulek č. 11 a 12 je zřejmé porovnání prostorového rozložení a rozloh land cover a jejich změn pro českou stranu a rakouskou stranu širšího zájmového území.

Tabulka 11: Stav a změny rozlohy kategorií land cover pro Česko z družic Landsat 1991 a 2016

1991			2016			Změna v procentních bodech
Třídy	Plocha (ha)	%	Třídy	Plocha (ha)	%	
trvalé travní porosty	40 752,55	18,23	trvalé travní porosty	48 399,97	21,65	3,42
vinice	15 892,40	7,11	vinice	22 268,88	9,96	2,85
vodní plochy	5 782,23	2,59	vodní plochy	5 965,28	2,67	0,08
orná půda	123 271,25	55,14	orná půda	110 586,77	49,47	-5,67
lesní plochy	30 657,17	13,71	lesní plochy	29 134,70	13,03	-0,68
maska	7 200,67	3,22	maska	7 200,67	3,22	0,00
celkem	223 556,28		celkem	223 556,28		

Rozlohy jednotlivých kategorií pro českou část korespondují s výsledky za celé širší zájmové území. Nejvíce zastoupená kategorie je orná půda a dále trvalé travní porosty, naopak nejméně zastoupená je kategorie vodní plochy. Oproti celkovému území jsou změny o trochu výraznější. Pokles rozlohy orné půdy byl významnější (o 5,67 procentních bodů) a větší byl nárůst trvalých travních ploch a vinic. Vinice v roce 2016 pokrývaly dle získaných výsledků téměř 10% území

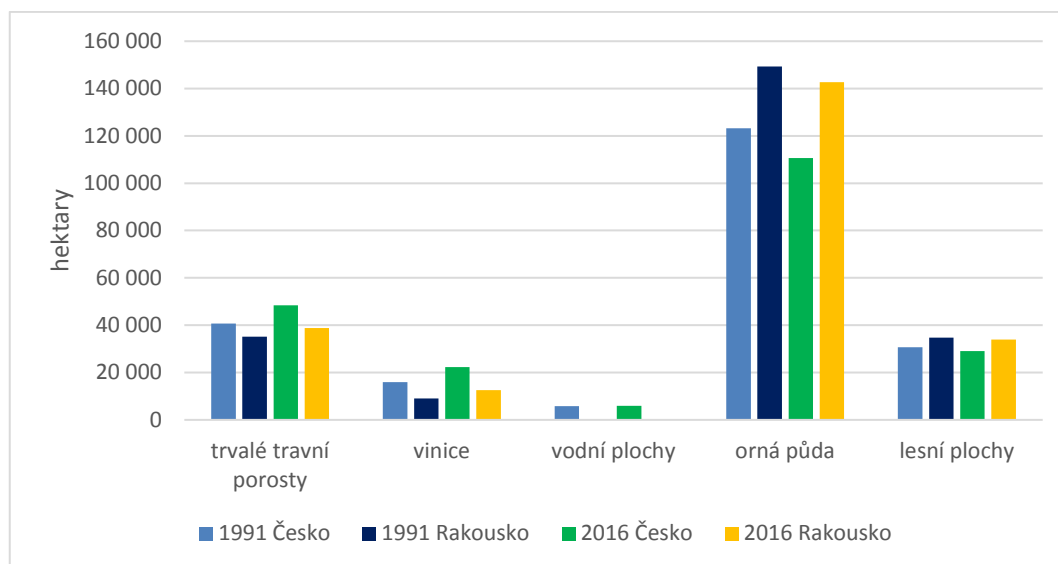
Tabulka 12: Stav a změny rozlohy kategorií land cover pro Rakousko z družic Landsat 1991 a 2016

1991			2016			Změna v procentních bodech
Třídy	Plocha (ha)	%	Třídy	Plocha (ha)	%	
trvalé travní porosty	35 185,89	14,97	trvalé travní porosty	38 800,90	16,51	1,54
vinice	9 010,90	3,84	vinice	12 596,76	5,36	1,53
vodní plochy	184,95	0,08	vodní plochy	219,70	0,09	0,01
orná půda	149 313,20	63,55	orná půda	142 705,79	60,74	-2,81
lesní plochy	34 718,83	14,78	lesní plochy	34 003,63	14,47	-0,30
maska	6 550,69	2,79	maska	6 637,69	2,82	0,00
celkem	234 964,46		celkem	234 964,46		

Z výsledků v tabulkách i porovnání map (obrázky 9 a 10) je zřejmé, že na rakouské straně zájmového území byla v obou letech v mnohem vyšší míře zastoupena orná půda než na české straně území (v roce 1991 o více než 8 % a v roce 2016 dokonce o 11 %). Přestože došlo k jejímu úbytku, tak byl o téměř 3 procentní body nižší než na české straně. Na rakouské straně

výsledky ukazují dále nižší zastoupení trvalých travních porostů a vinic a mírně vyšší rozlohu lesa. Trendy změn na české a rakouské straně ve smyslu úbytků a nárůstů jsou pro všechny kategorie stejné. Avšak dle předpokladu je intenzita změn na české straně u většiny kategorií téměř dvojnásobná ve srovnání se stranou rakouskou.

Obrázek 11: Graf rozloha ploch pro širší zájmové území v jednotlivých kategoriích z družic Landsat



Z obrázku 11 vyplývá, že v obou zemích ubyla ve sledovaném období orná půda, přičemž její rozloha byla větší v Rakousku. Na české straně byly v obou letech více zastoupeny trvalé travní porosty a vinice a jejich rozloha se také v obou případech více zvětšila. Nejvyrovnanější kategorií jsou lesní plochy, které mají v obou zemích mírný nárůst.

6.3 Změny struktury krajiny pro českou a rakouskou stranu z družic Landsat

Sledované parametry: průměrná rozloha ploch, průměrná délka hranice a délka hranice na plochu můžeme pro českou stranu naléznout v tabulkách 13 a 15 a pro rakouskou stranu v tabulkách 14 a 16.

Tabulka 13: Srovnání průměrné rozlohy ploch v letech 1991 a 2016 pro Česko z družic Landsat 1991 a 2016

1991			2016			
Třídy	Počet plošek	Průměrná plocha (ha)	Třídy	Počet plošek	Průměrná plocha (ha)	Změna v %
vodní plochy	172	33,59	vodní plochy	226	31,36	-6,65
vinice	1293	12,28	Vinice	2728	9,08	-26,05
orná půda	2476	44,3	orná půda	3352	36,39	-17,84
lesní plochy	992	30,72	lesní plochy	912	31,61	2,88
trvalé travní porosty	4492	9,06	trvalé travní porosty	6748	8,16	-9,92

Největší průměrnou plochu v obou letech mají podle očekávání kategorie orná půda, lesní plochy a také kategorie vodní plochy. V případě vodních ploch je důvodem rozlehlé vodní dílo Nové Mlýny. Největší změnu zaznamenaly kategorie vinice a orná půda, u nichž klesla průměrná rozloha ploch o 26,05 % respektive o 17,84 %. Naopak nejmenší rozdíl měla kategorie lesní plochy, které narostla průměrná plocha o 2,88 %.

Tabulka 14: Srovnání průměrné rozlohy ploch pro Rakousko z družic Landsat 1991 a 2016

1991			2016			
Třídy	Počet plošek	Průměrná plocha (ha)	Třídy	Počet plošek	Průměrná plocha (ha)	Změna v %
vodní plochy	52	3,48	vodní plochy	64	3,43	-1,34
vinice	2711	4,02	Vinice	3031	4,15	3,11
orná půda	5151	31,88	orná půda	5294	29,93	-6,13
lesní plochy	661	52,25	lesní plochy	681	49,93	-4,44
trvalé travní porosty	6325	4,65	trvalé travní porosty	7282	4,39	-5,51

Průměrná velikost ploch sledovaných kategorií pro Rakousko je v obou letech menší než plochy na straně české. Výjimku tvoří jen kategorie lesní plochy, která je podstatně větší v obou letech než na české straně. Rozdíly mezi lety 1991 a 2016 jsou nepatrné, největší rozdíl byl u kategorie orná půda, které v roce 2016 klesla průměrná rozloha ploch o 6,13 %. Celkově lze říci, že rozdíly v tomto sledovaném parametru se na rakouské straně mění jen minimálně.

Tabulka 15: Srovnání průměrné délky hranice ploch a délky hranice na plochu pro Česko z dat družic Landsat 1991 a 2016

1991			2016				
Třídy	Průměrná délka hranice (m)	Délka hranice na plochu (m/ha)	Třídy	Průměrný obvod (m)	Délka hranice na plochu (m/ha)	Změna obvodu v %	Změna délky hranice v %
vodní plochy	2290	68,2	vodní plochy	2190	69,8	-4,37	2,43
vinice	1940	158,0	vinice	1720	189,4	-11,34	19,91
orná půda	4370	98,6	orná půda	3850	105,8	-11,90	7,25
lesní plochy	2860	93,1	lesní plochy	2970	94,0	3,85	0,92
trvalé travní porosty	1760	194,3	trvalé travní porosty	1560	191,2	-11,36	-1,59

Průměrné délky hranice ploch úzce souvisí s průměrnými rozlohami ploch. Logicky největší jsou pro kategorie orná půda, lesní plochy a v tomto případě i vodní plochy. Největší rozdíly jsou opět pro kategorie vinic a orné půdy, pro něž byl pokles v roce 2016 o 11,34 % u vinic a 11,90 % u orné půdy. Nejnižší změna je taktéž jako u průměrných rozloh ploch u kategorie lesní plochy, které mají nárůst 3,85 %. Pokud se týká parametru délka hranice na plochu, tak největší členitost mají kategorie s největší hodnotou tohoto parametru, což jsou kategorie vinice a trvalé travní porosty. Největší rozdíl v tomto sledovaném parametru měla kategorie vinice, které se zvýšil o 19,91 %.

Tabulka 16: Srovnání průměrné délky hranice ploch a délky hranice na plochu pro Rakousko z dat družic Landsat 1991 a 2016

1991			2016				
Třídy	Průměrná délka hranice (m)	Délka hranice na plochu (m/ha)	Třídy	Průměrný obvod (m)	Délka hranice na plochu (m/ha)	Změna obvodu v %	Změna délky hranice v %
vodní plochy	1290	370,7	vodní plochy	1200	349,9	-6,98	-5,62
vinice	1110	276,1	vinice	1201	289,4	8,2	4,81
orná půda	3680	115,4	orná půda	3670	122,6	-0,27	6,23
lesní plochy	3930	75,2	lesní plochy	3900	78,1	-0,76	3,85
trvalé travní porosty	1270	273,1	trvalé travní porosty	1230	280,2	-3,15	2,59

Největší průměrné délky hranice měly kategorie lesní plochy a orná půda a nejmenší vodních ploch a vinice. Oproti české straně jsou je průměrná délka hranice v Rakousku menší, což souvisí s menší velikostí plošek. Parametr délky hranice na plochu je u rakouské strany vyšší než u české strany. U všech kategorií mimo lesních ploch, můžeme pozorovat daleko větší členitost než je tomu u české strany. Nejvíce členité jsou kategorie vodní plochy a trvalé travní porosty. Změny mezi kategoriemi jsou malé.

6.4 Rozlohy kategorií land cover a jejich změny pro území Valticka z družice Rapid Eye

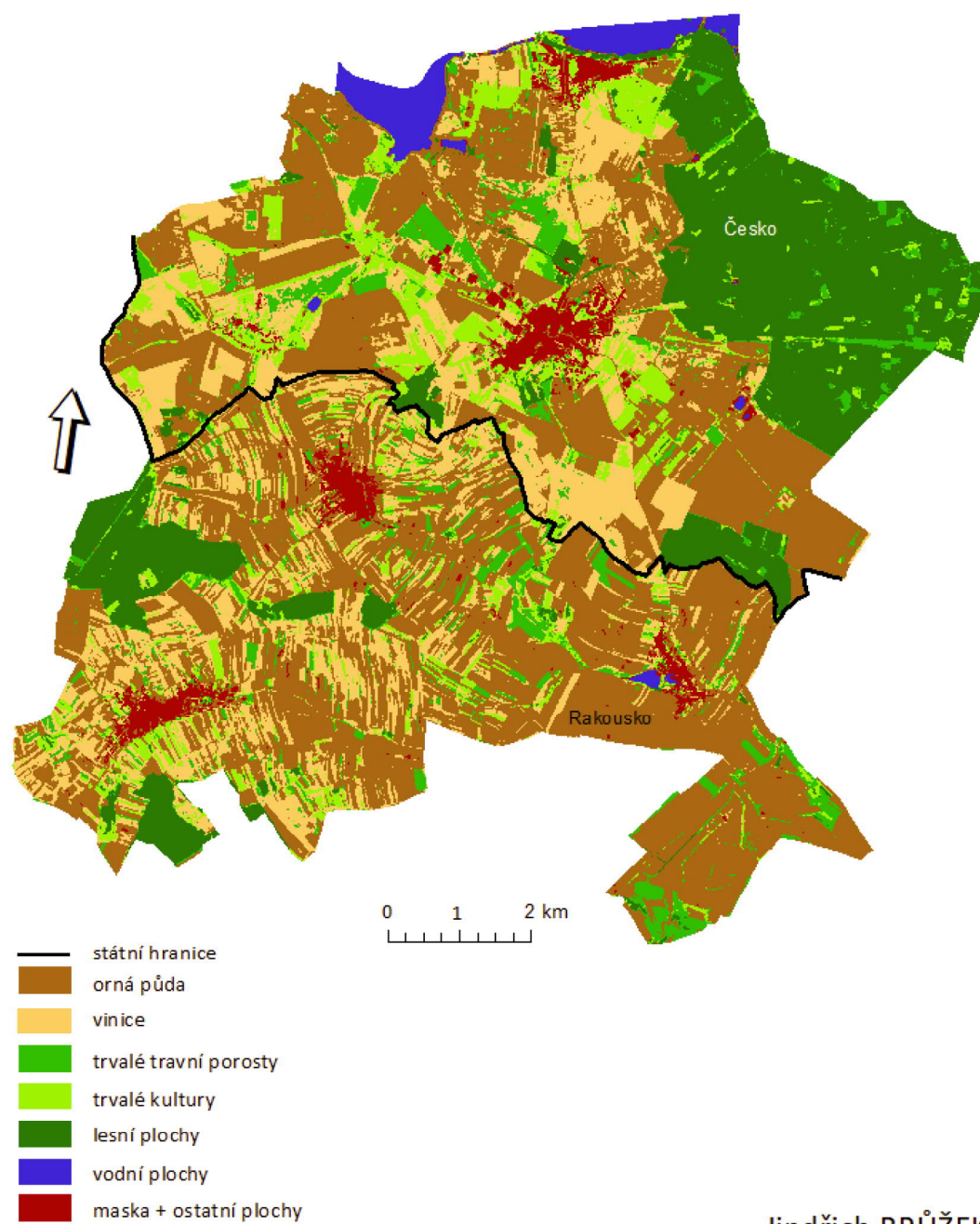
V tabulce 17 jsou uvedeny údaje o rozloze jednotlivých kategorií land cover vyklasifikované pro území Valticka z dat družice Rapid Eye vyjádřené v hektarech a také v procentech. Jejich změna je vyjádřena v procentních bodech, jejichž základem je rok 2016. Mapové kompozice jsou na obrázcích 12 a 13.

Tabulka 17: Stav a změny rozlohy kategorií v území Valticka hodnocené z dat družice Rapid Eye

2010			2016			Změna v procentních bodech
Třídy	Plocha (ha)	%	Třídy	Plocha (ha)	%	
trvalé travní porosty	883,8	8,33	trvalé travní porosty	921,54	8,68	0,36
vinice	1 871,51	17,64	vinice	1 877,20	17,69	0,05
ostatní plochy	52,39	0,49	ostatní plochy	46,57	0,44	-0,05
vodní plochy	202,3	1,91	vodní plochy	204,07	1,92	0,01
orná půda	4 659,74	43,91	orná půda	4 456,19	42,01	-1,90
lesní plochy	1 851,12	17,45	lesní plochy	1 921,12	18,10	0,65
trvalé kultury	801,46	7,55	trvalé kultury	895,65	8,44	0,89
maska	288,76	2,72	maska	288,76	2,72	0,00
celkem	10 611,08		celkem	10 611,08		

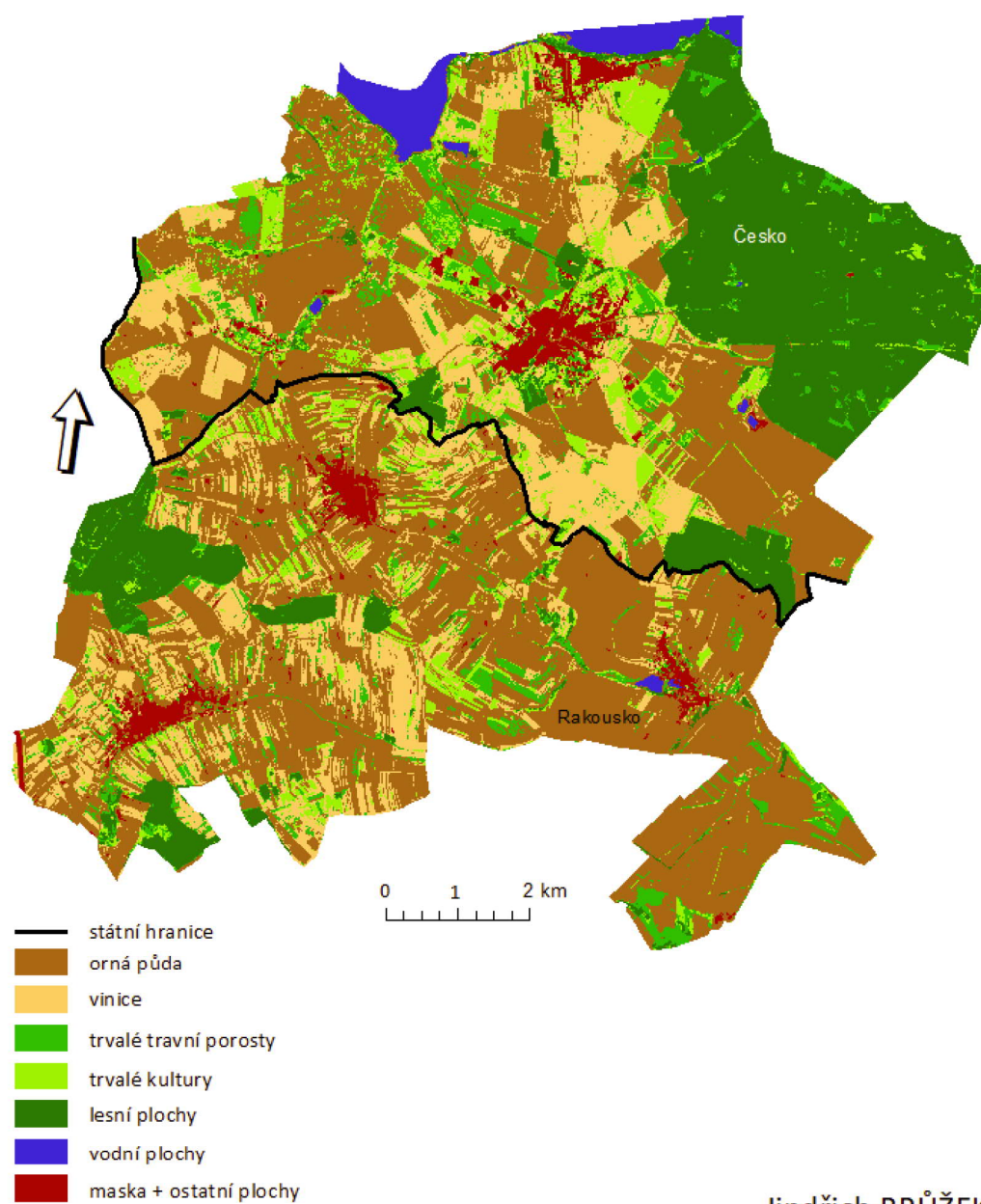
U menšího zájmového území Valticka, jsou nejvíce zastoupeny v obou letech kategorie orná půda, lesní plochy a vinice. Sledované roky jsou od sebe vzdáleny pouze 5 let, tudíž nemůžeme očekávat rapidní rozdíly v rozlohách ploch. Výsledky tomu i odpovídají, nejvíce klesla rozloha kategorie orná půda a to o 1,90 procentního bodu. Naopak největší nárůst zaznamenala kategorie trvalé kultury a to o 0,89 procentního bodu. Ve zbytku kategorií se rozlohy ploch měnily jen minimálně.

Obrázek 12: Krajinný pokryv zájmového území Valticko – výstup z klasifikace dat družice Rapid Eye pro termín 22. 8. 2010



Jindřich BRŮŽEK
Albrechtice 2018

Obrázek 13: Krajinný pokryv zájmového území Valticko – výstup z klasifikace dat družice Rapid Eye pro termín 01. 9. 2016



Jindřich BRŮŽEK
Albrechtice 2018

6.5 Rozlohy kategorií land cover a jejich změny pro českou a rakouskou stranu Valticka z dat družice Rapid Eye

Výsledné rozlohy kategorií land cover získané klasifikací dat družice Rapid Eye v území Valticka pro českou stranu jsou uvedeny v tabulce 18 a pro rakouskou stranu v tabulce 19.

Tabulka 18: Stav a změny rozlohy kategorií land cover pro českou část Valticka z družice Rapid Eye 2010 a 2016

2010			2016			Změna v procentních bodech
Třídy	Plocha (ha)	%	Třídy	Plocha (ha)	%	
trvalé travní porosty	529,99	9,27	trvalé travní porosty	578,86	10,12	0,85
vinice	947,86	16,57	vinice	951,32	16,63	0,06
ostatní plochy	12,65	0,22	ostatní plochy	7,57	0,13	-0,09
vodní plochy	193,34	3,38	vodní plochy	195,12	3,41	0,03
orná půda	1 747,74	30,56	orná půda	1 631,48	28,52	-2,03
lesní plochy	1 439,14	25,16	lesní plochy	1 500,73	26,24	1,08
trvalé kultury	690,29	12,07	trvalé kultury	695,95	12,17	0,10
maska	158,47	2,77	maska	158,47	2,77	0,00
celkem	5 719,48		celkem	5 719,48		

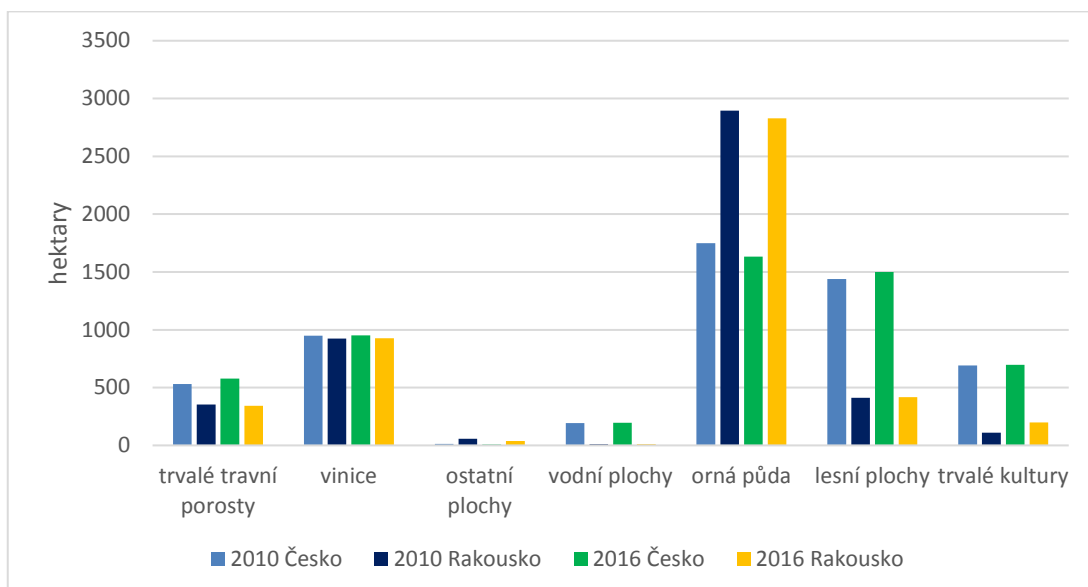
Na české straně mají v obou sledovaných letech největší zastoupení kategorie orná půda a lesní plochy. Velmi významně jsou zastoupeny vinice, v obou letech více než travní porosty a zbylé trvalé kultury. Největšími proměnami prošly nejvíce zastoupené kategorie orné půdy, jejíž rozloha klesla o 2,03 procentního bodu a lesní plochy, které vzrostly o 1,08 procentního bodu. Ostatní kategorie zůstaly téměř konstantní, až na trvalé kultury, které také vzrostly, a to o 0,85 procentního bodu. Rozloha vinic a zbylých trvalých kultur se téměř nezměnila.

Tabulka 19: Stav a změny rozlohy kategorií land cover pro rakouskou část Valticka z družice Rapid Eye 2010 a 2016

2010			2016			Změna v procentních bodech
Třídy	plocha (ha)	%	Třídy	Plocha (ha)	%	
trvalé travní porosty	353,81	7,23	trvalé travní porosty	342,68	7,01	-0,23
vinice	923,65	18,88	Vinice	925,88	18,93	0,05
ostatní plochy	58,71	1,20	ostatní plochy	39,00	0,80	-0,40
vodní plochy	8,95	0,18	vodní plochy	8,95	0,18	0,00
orná půda	2 894,53	59,17	orná půda	2 827,71	57,81	-1,37
lesní plochy	411,97	8,42	lesní plochy	417,39	8,53	0,11
trvalé kultury	109,68	2,24	trvalé kultury	199,70	4,08	1,84
maska	130,29	2,66	maska	130,29	2,66	0,00
celkem	4 891,59		celkem	4 891,59		

Na rakouské straně na rozdíl od české strany v celkové rozloze naprosto dominuje orná půda a to v obou letech, kde dosahuje téměř 60 % celkové rozlohy. Oproti tomu na české straně je to zhruba dvakrát méně, ale ubývala mírně více. Velice málo jsou zastoupeny lesy a naopak vinice byly vyklasifikovány na větší ploše, než na české straně. Na obou stranách hranice se přitom rozloha vinic mezi rokem 2010 a 2016 příliš nezměnila. Stejně jako u české strany jsou nejméně zastoupené kategorie vodní plochy a ostatní plochy. Co se týče změn, nejvíce klesla kategorie orná půda a to o 1,37 procentního bodu. Na rozdíl od české strany nejvíce vzrostla kategorie trvalé kultury o 1,84 procentního bodu. Trvalé travní porosty byly na rakouské straně zastoupeny méně a oproti české straně ještě mírně ubývaly.

Obrázek 14: Graf rozlohy ploch pro zájmové území Valticko v jednotlivých kategoriích z družice Rapid Eye



Z obrázku 14 vyplývá, že u zájmového území Valticka na rakouské straně dominuje kategorie orná půda a to v obou letech. Zatímco na české straně kategorie orná půda a lesní plochy mají velice podobné rozlohy. Rozdíl mezi těmito dvěma kategoriemi na české straně je v tom, že lesní plochy přibýly, naopak orná půda ubyla. Zajímavá je kategorie vinice, která je v obou sledovaných letech i státech na téměř stejné úrovni. Nejméně zastoupené jsou kategorie ostatní plochy a vodní plochy u obou zemí. Trvalé travní porosty jsou o v obou letech více zastoupení na české straně.

6.6 Změny struktury krajiny pro českou a rakouskou stranu Valticka z družice Rapid Eye

Sledované parametry - průměrná rozloha ploch, průměrná délka hranice a délka hranice na plochu jsou pro českou stranu v tabulkách 20 a 22 a pro rakouskou stranu v tabulkách 21 a 23.

Tabulka 20: Srovnání průměrné rozlohy ploch pro Česko z dat družice Rapid Eye 2010 a 2016

2010			2016			
Třídy	Počet plošek	Průměrná plocha (ha)	Třídy	Počet plošek	Průměrná plocha (ha)	Změna v %
vodní plochy	15	12,98	vodní plochy	18	11,71	-9,78
vinice	1277	0,88	vinice	1516	0,77	-11,49
orná půda	1397	3,79	orná půda	1509	3,62	-4,39
lesní plochy	330	6,5	lesní plochy	344	6,42	-1,22
trvalé travní porosty	2021	0,43	trvalé travní porosty	2266	0,40	-6,98
ostatní plochy	41	0,21	ostatní plochy	29	0,23	7,69
trvalé kultury	818	1,42	trvalé kultury	898	1,38	-2,17

Největší průměrné rozlohy v obou letech na české straně měla kategorie vodní plochy. Tento fakt je dán tím, že se na české straně sledovaného území rozkládá málo vodních ploch, ale mají velkou rozlohu. Druhá a třetí kategorie s největšími průměrnými rozlohami jsou lesní plochy a orná půda. Kromě ostatních ploch, se plošky všech kategorií v průměru zmenšily. Největší procentuálním rozdílem prošly kategorie vinice a vodní plochy, jejichž průměrné rozlohy klesly o 11,49 %, respektive o 9,78 %. Relativně vyšší pokles zaznamenaly i trvalé travní porosty a orná půda.

Tabulka 21: Srovnání průměrné rozlohy ploch pro Rakousko z dat družice Rapid Eye 2010 a 2016

2010			2016			
Třídy	Počet plošek	Průměrná plocha (ha)	Třídy	Počet plošek	Průměrná plocha (ha)	Změna v %
vodní plochy	4	1,98	vodní plochy	3	2,2	11,37
vinice	1548	0,83	vinice	1713	0,73	-12,19
orná půda	654	4,45	orná půda	699	3,97	-10,88
lesní plochy	141	3,99	lesní plochy	187	3,76	-5,79
trvalé travní porosty	1497	0,32	trvalé travní porosty	1694	0,29	-10,42
ostatní plochy	132	0,29	ostatní plochy	150	0,27	-8,84
trvalé kultury	1038	0,42	trvalé kultury	1294	0,38	-9,3

Rakouská strana, má velice podobný vývoj v průměrné rozloze ploch, jako česká strana. Když opomineme vodní plochy, tak největší průměrné rozlohy má taktéž kategorie orná půda a lesní plochy. Pouze s tím rozdílem, že na rakouské straně má větší rozlohy orná půda a ne lesy, jak tomu je na české straně. Největší změny stejně jako na české straně zaznamenala kategorie vinice, u níž průměrná rozloha plošky klesla o 12,19 %. Průměrná rozloha plošky trvalých travních porostů klesla na obou stranách hranice, více na rakouské straně.

Tabulka 22: Srovnání průměrné délky hranice ploch a délky hranice na plochu pro Česko z dat družice Rapid Eye 2010 a 2016

2010			2016				
Třídy	Průměrná délka hranice (m)	Délka hranice na plochu (m/ha)	Třídy	Průměrný obvod (m)	Délka hranice na plochu (m/ha)	Změna obvodu v %	Změna délky hranice v %
vodní plochy	2440	188,0	vodní plochy	2390	204,1	-2,05	8,57
vinice	530	602,3	vinice	480	623,4	-9,43	3,50
orná půda	1130	298,2	orná půda	1070	295,6	-5,31	-0,86
lesní plochy	1650	253,8	lesní plochy	1590	247,7	-3,64	-2,44
trvalé travní porosty	300	697,7	trvalé travní porosty	298	745,0	-0,67	6,78
ostatní plochy	230	1095,2	ostatní plochy	250	1087,0	8,70	-0,76
trvalé kultury	720	507,0	trvalé kultury	680	492,8	-5,56	-2,82

Největší průměrnou délku hranice na české straně v obou letech mají podle očekávání vodní plochy, lesní plochy a orná půda, protože mají i největší průměrnou rozlohu. Nejmenší obvody zaznamenaly kategorie ostatních ploch a trvalých travních porostů. Největší rozdíl zaznamenala kategorie vinic, která klesla o 9,43%. Naopak nejmenší rozdíl je patrný u kategorie trvalých travních porostů, která klesla pouze o 0,67 %. U parametru délky hranice na

plochu je u obou sledovaných let nejčlenitější kategorie ostatní plochy a trvalé travní porosty. Naopak nejméně členitými kategoriemi jsou lesní plochy a vodní plochy, které zaznamenaly i největší nárůst, a to o 8,57 %. Méně členité hranice má také orná půda.

Tabulka 23: Srovnání průměrné délky hranice ploch a délky hranice na plochu pro Rakousko z dat družice Rapid Eye 2010 a 2016

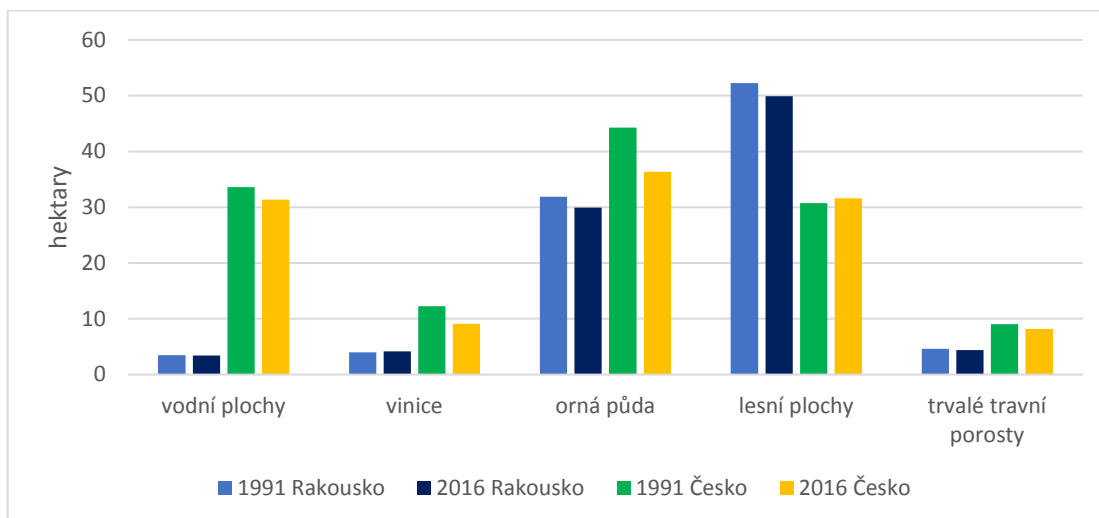
2010			2016				
Třídy	Průměrná délka hranice (m)	Délka hranice na plochu (m/ha)	Třídy	Průměrný obvod (m)	Délka hranice na plochu (m/ha)	Změna obvodu v %	Změna délky hranice v %
vodní plochy	720	363,6	vodní plochy	760	345,5	5,56	-5,00
vinice	650	783,1	Vinice	580	794,5	-10,77	1,45
orná půda	1490	334,8	orná půda	1440	362,7	-3,36	8,33
lesní plochy	960	240,6	lesní plochy	890	236,7	-7,29	-1,62
trvalé travní porosty	310	968,8	trvalé travní porosty	280	965,5	-9,68	-0,33
ostatní plochy	260	896,6	ostatní plochy	240	888,9	-7,69	-0,85
trvalé kultury	390	928,6	trvalé kultury	360	947,4	-7,69	2,02

Největší průměrnou délku hranice na rakouské straně mají kategorie orná půda a lesní plochy v obou sledovaných letech. Nejmenší průměrnou délku hranice mají trvalé travní porosty a ostatní plochy. Stejně jako u české strany největší rozdíl zaznamenala kategorie vinic, která klesla o 10,77 %. Nárůst o 5,56 % naopak zaznamenala kategorie vodních ploch, na rozdíl od české strany, kde tato kategorie klesla. U parametru délky hranice na plochu je zřejmé, že na rakouské straně jsou kategorie více členité než na straně české a to v obou letech, výjimku tvoří pouze lesní plochy a ostatní plochy, které jsou méně členité než na české straně. Nejvíce členitými kategoriemi jsou trvalé travní porosty a trvalé kultury. Největší rozdíl zaznamenala orná půda, která vzrostla o 8,33 %.

6.7. Srovnání vývoje velikosti plošek z obou družic pro oba sledované horizonty

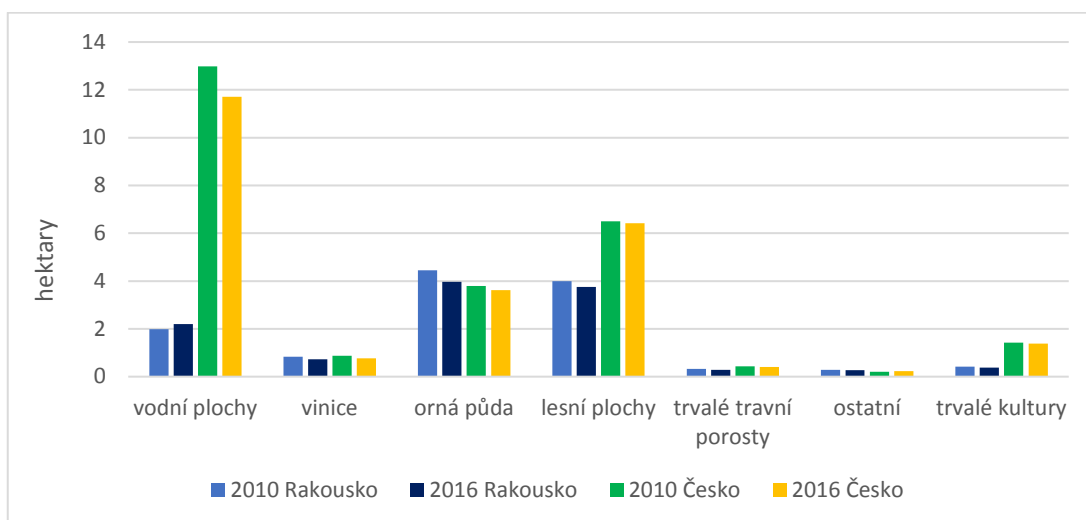
Velikosti plošek pro Rakousko a Česko v obou sledovaných letech pro data Landsat jsou na obrázku 15 a pro data družice Rapid Eye na obrázku 16.

Obrázek 15: Graf velikosti plošek pro Rakousko a Česko v širším sledovaném území v obou sledovaných letech pro data družic Landsat



Z obrázku 15 pro širší sledované území můžeme vyčíst, že největší průměrné plošky na české straně zastupuje kategorie orné půdy a na rakouské straně lesní plochy. Naopak nejmenší průměrné plošky má na české straně kategorie trvalé travní porosty a na rakouské vodní plochy. Celkově můžeme říci, že kromě kategorie lesní plochy má česká strana v obou sledovaných letech větší průměrné plochy jednotlivých kategorií. Také lze vyčíst, že téměř všem kategoriím v obou letech průměrné rozlohy ploch klesly, výjimku tvoří pouze kategorie lesní ploch na české straně, kde naopak průměr velikosti plošek vzrostl.

Obrázek 16: Graf Velikosti plošek pro Rakousko a Česko ve sledovaném území Valticko v obou sledovaných letech pro data družice Rapid Eye



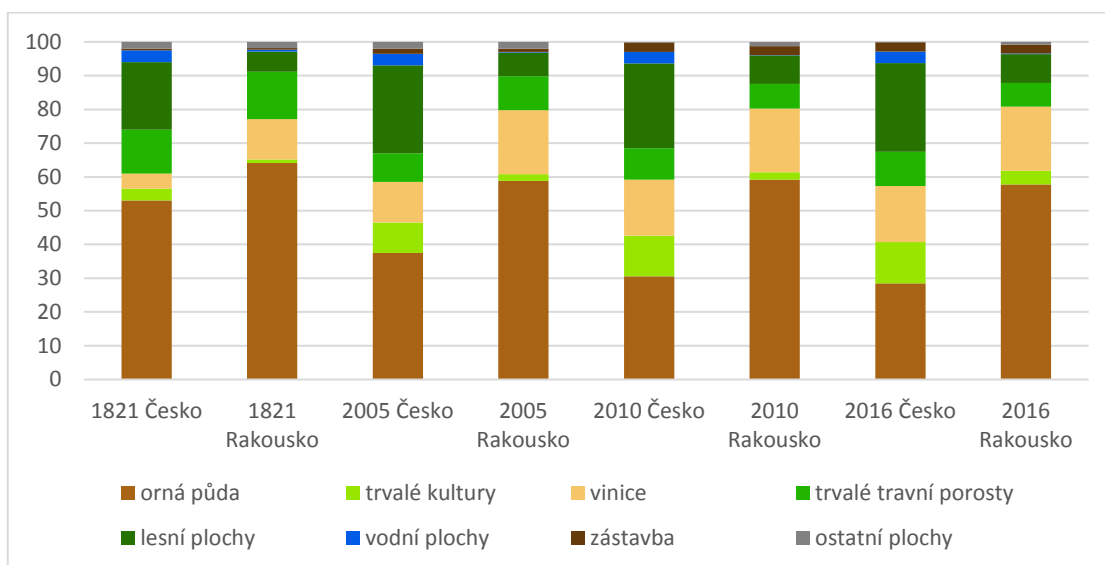
Z obrázku 16 pro zájmové území Valticko je patrné, že největší průměrné plošky má kategorie vodní plochy pro českou stranu a orná půda pro rakouskou stranu v obou sledovaných letech. Nejmenšími kategoriemi jsou naopak ostatní plochy a trvalé travní

porosty, a to pro obě strany. Průměrné plošky se na obou stranách nijak zásadně nemění. Největší rozdíl můžeme vidět u vodních ploch na české straně, které mírně klesly. Celkově můžeme říci, že plošky na rakouské straně mají menší průměrné rozlohy, výjimku tvoří pouze vodní plochy, které jsou citelně větší a ostatní plochy, které jsou zhruba na stejné úrovni. V obou zemích klesla průměrná rozloha plošek vinic, orné půdy, lesních ploch, trvalých travních porostů i trvalých kultur.

6.8 Návaznost výsledků práce na předchozí hodnocení využití krajiny v území Valticka

Protože práce navazuje na publikaci Rašín, Chromý (2010) byl vytvořen graf (obrázek 17) který shrnuje výsledky hodnocení využití krajiny Valticka z práce Rašín, Chromý (2010) a přidává výsledky získané v rámci bakalářské práce pro toto území z dat družice Rapid Eye. První čtyři sloupce grafu jsou převzaty (výsledky hodnocení využití krajiny z let 1821 a 2005 pro českou a rakouskou stranu) a další 4 sloupce ukazují výstupy klasifikací z bakalářské práce pro českou a rakouskou stranu z let 2010 a 2016

Obrázek 17: Graf zastoupení jednotlivých kategorií v zájmovém území Valticko v letech 1821 až 2016



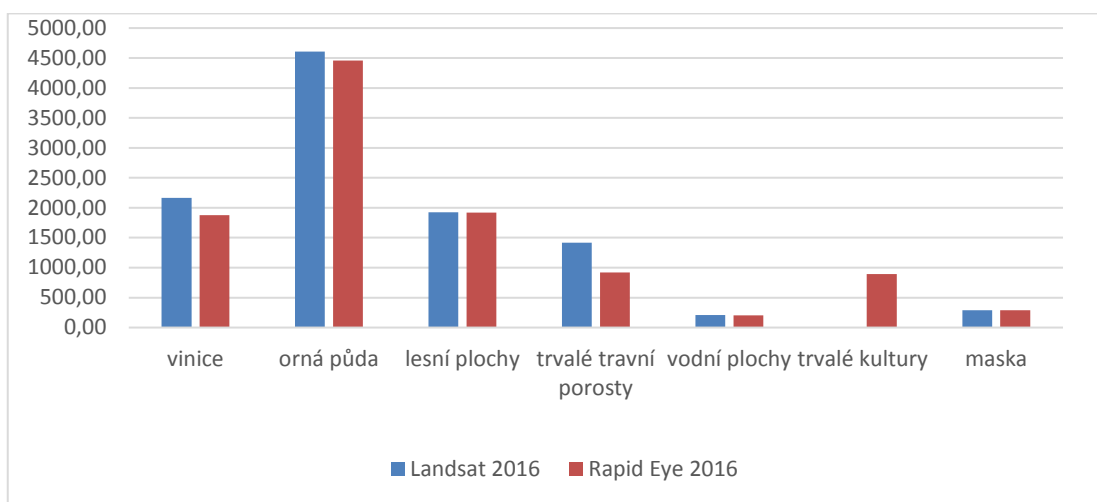
Z výsledků obrázku 17 lze pozorovat postupný vývoj sledovaných kategorií od 19. století. Na rakouské straně můžeme vysledovat zajímavý fakt, že od roku 1821 je kategorie orná půda na podobné úrovni až do roku 2016 jen s mírným poklesem, zatímco na české straně má více klesající tendenci a o hodně menší podíl na celkové rozloze. Na české straně oproti roku 1821 získala na podílu celkové rozlohy především kategorie lesní ploch, kategorie vinic a trvalých kultur, a to na úkor orné půdy a trvalých travních porostů. Oproti tomu rakouská strana ztratila minimálně na kategorii orné půdy a získala především na kategorii vinic na úkor kategorie trvalých travních porostů. Celkově lze říci, že sledované kategorie se na české straně

měnily větší intenzitou než na straně rakouské.

6.9 Porovnání výsledků klasifikací z družice Landsat 8 a družice Rapid Eye v roce 2016 pro území Valticka

Protože v roce 2016 bylo území Valticka klasifikováno z dat obou družic, je možné výsledky porovnat. Porovnání je na obrázku 18.

Obrázek 18: Srovnání výsledků klasifikací Valticka z dat družice Landsat 8 a Rapid Eye v roce 2016



Z obrázku 18 je patrné, že největší rozdíl mezi daty družic Landsat 8 a Rapid Eye zaznamenali kategorie trvalých travních porostů a kategorie vinic. Naopak velice podobně dopadly kategorie vodních ploch a lesních ploch. Celkově můžeme říci, že analýzy z dat dvou různých družic pro stejné území a z podobných termínů snímání dopadly velice podobně. Nesmíme zapomenout, že pro analýzu dat z družice Landsat 8 nebyla analyzována kategorie trvalých kultur, která by v tomto porovnání přinesla přesnější výsledky.

6.10 Hodnocení přesností klasifikací

Pokud hodnotíme výsledky klasifikací obou typů dat v obou časových horizontech, lze říci, že lepší celkové přesnosti bylo dosaženo pro data družice Rapid Eye. Výsledky pro každý typ dat ve sledovaných dvou letech jsou vždy velmi podobné. Z abulky 24 vyplývá, že nejlepší celkové přesnosti klasifikace 94,87 % a kappa koeficientu = 0,93 bylo dosaženo pro data z družice Rapid Eye z roku 2016. Nejmenší přesnosti klasifikace bylo naopak dosaženo pro data z družice Landsat 5, kde celková přesnost byla 88,71 % a kappa koeficient = 0,81.

Tabulka 24: Přesnost klasifikací a kappa koeficient

	Kappa Koeficient	Celková přesnost %
Landsat 5 (1991)	0.81	88.71
Landsat 8 (2016)	0.84	89.74
Rapid Eye (2010)	0.90	92.30
Rapid Eye (2016)	0.93	94.87

6.10.1 Hodnocení přesností klasifikací jednotlivých kategorií z družic Landsat

V tabulce 25, nalezneme výsledky zpracovatelské a uživatelské přesnosti klasifikace z dat družic Landsat.

Tabulka 25: Porovnání zpracovatelské a uživatelské přesnosti za jednotlivé třídy pro družice Landsat

	Landsat 5 1991		Landsat 8 2016	
	zpracovatelská přesnost %	uživatelská přesnost %	zpracovatelská přesnost %	uživatelská přesnost %
trvalé travní porosty	84,38	87,1	81,63	90,91
vinice	55,56	83,33	80	90,91
vodní plochy	100	100	100	100
orná půda	95,41	88,89	95,6	87,88
lesní plochy	87,88	90,63	92,59	92,59
celková přesnost %	88,71		89,74	
kappa koeficient	0.81		0.84	

Z tabulky č. 25 můžeme vidět, že pro data z družice Landsat 8 je celková přesnost vyšší. Nejvyšší přesnosti v obou letech pro obě družice dosáhla kategorie vodních ploch se 100 % u zpracovatelské i uživatelské přesnosti. Nejnižší přesnosti u dat z družice Landsat 5 dosáhla kategorie vinic (jak zpracovatelské, tak i uživatelské). U dat z družice Landsat 8 nejnižší zpracovatelské přesnosti dosáhla kategorie vinic a uživatelské to byla kategorie orná půda s 87,88 %.

6.10.2 Hodnocení přesností klasifikací jednotlivých kategorií z družice Rapid Eye

V tabulce 26, nalezneme výsledky zpracovatelské a uživatelské přesnosti klasifikace z dat družice Rapid Eye.

Tabulka 26: Porovnání zpracovatelské a uživatelské přesnosti za jednotlivé třídy pro družici Rapid Eye

	Rapid Eye 2010		Rapid Eye 2016	
	zpracovatelská přesnost %	uživatelská přesnost %	zpracovatelská přesnost %	uživatelská přesnost %
vinice	88,24	88,24	91,43	94,12
ostatní plochy	100	100	100	100
trvalé kultury	89,66	96,3	79,17	95
orná půda	95,77	91,89	98,72	96,25
vodní plochy	100	100	80	100
lesní plochy	94,12	94,12	100	94,44
trvalé travní porosty	85,71	90	100	90
celková přesnost %	92,30		94,87	
kappa koeficient	0,90		0,93	

Z tabulky hodnocení přesnosti pro data z družice Rapid Eye, můžeme konstatovat vysoké přesnosti klasifikací. Nejvyšší přesnosti, dosáhla kategorie ostatní plochy, která pro oba sledované roky měla 100 % úspěšnost ve zpracovatelské i uživatelské přesnosti. V roce 2010 měla nejnižší zpracovatelskou přesnost kategorie trvalých travních porostů s 85,71 % a uživatelskou kategorie vinic s 88,24 %. V roce 2016 to bylo rozdílné, nejnižší zpracovatelskou přesnost měla kategorie trvalých kultur se 79,14 % a nejnižší uživatelskou, stejně jako v roce 2010, měla kategorie vinic s 94,12 %.

7. Diskuze výsledků

Práce byla zaměřena na analýzu změn krajinného pokryvu a krajinné struktury v českém a rakouském pohraničí v letech 1991 – 2016 s využitím dvou typů družicových dat. V širším území byla využita data družic Landsat a pro menší území Valticka data družice Rapid Eye. V území Valticka práce navazuje na článek Rašín a Chromý (2010). Území Valticka bylo vymezeno zcela stejně, jako v tomto článku a bylo vyhodnoceno, jak se využití půdy vyvíjelo v letech 2010 a 2016 (v návaznosti na vývoj v letech 1821 a 2005). V práci je hodnocen vývoj od pádu železné opony do současnosti s cílem zjistit, do jaké míry se krajina (jednak podíly jednotlivých kategorií land use/land cover a dále zejména velikost plošek) v Česku a Rakousku na počátku lišila a zda se ve sledovaném období vyvíjela podobným nebo rozdílným způsobem.

Bylo zjištěno, že širší zájmové území se na české a rakouské straně odlišovalo nejenom parametry krajinného pokryvu a krajinné struktury, ale také intenzitou změn mezi jednotlivými kategoriemi. Základní pohled na rozložení krajinného pokryvu v širším zájmovém území poskytuje procentuální zastoupení kategorií na obou stranách. Analýza ukázala, že nejvíce zastoupenou kategorií na české straně v roce 1991 byla kategorie orná půda s celkovými 55,14 %, která do roku 2016 ubyla o 5,67 procentního bodu. Na úkor orné půdy se zvyšovala rozloha trvalých travních porostů a vinic. Stejně jako u české strany měla u rakouské strany největší zastoupení orná půda, které ale oproti české straně klesla rozloha v roce 2016 jen o 2,81 procentního bodu. Na úkor orné půdy stejně jako u české strany se zvyšovala rozloha trvalých travních porostů a vinic, ale opět v menší intenzitě než na straně české. Menší intenzitu změn na rakouské straně lze vysvětlit zřejmě nalezením optimálního stavu hospodaření odpovídající socioekonomickým charakteristikám území. Vyšší intenzitu změn na české straně oproti rakouské, lze podle Jelečka a Kabrdu (2015) vysvětlit změnou politického režimu, který způsobil změnu vlastnických vztahů, dotačního systému a útlum zemědělství. Před rokem 1989 byla většina půdy v rukou státu, který se soustředil na centralizované velkoplošné hospodářství. Změna přišla po roce 1989, kdy se většina půdy vrátila do soukromých rukou a vlastníci ji začali využívat jiným způsobem, který odpovídá přírodním podmínkám, místním tradicím a jiným způsobům obdělávání. K podobnému výsledku došel ve své práci i Najman (2006), který analyzoval land cover česko-rakouského pohraničí pomocí databáze CORINE. Jeleček a Kabrda (2015) došli k závěru, že největší změna ve využití ploch po revoluci se v České republice objevila v pohraničních oblastech. Také na jižní Moravě, kde je specializovaná produkce na vinařství a ovocnářství. Důsledkem je zde rychlý růst plochy trvalých kultur (vinice, sady, chmelnice), a to nejen na úkor trvalých travních porostů, ale dokonce i úrodné orné půdy (na svažitých pozemcích), nebo také lesa (Jeleček a kol., 2007).

Další analýza se zaměřovala na parametry krajinné struktury, kterými byla průměrná rozloha plochy jednotlivých kategorií, průměrná délka hranice a délka hranice na plochu. Na české straně největší intenzitu změn v průměrných rozlohách plošek zaznamenaly kategorie vinic a orné půdy, u nichž tento parametr klesl v roce 2016 o 26,05 %, respektive o 17,84 %.

Největší změnu u parametru průměrné délky hrance plošky zaznamenala kategorie orné půdy (pokles o 11,90 %). U parametru délky hranice na plochu největší změnu opět zaznamenala kategorie vinic. Naopak nejmenší změnu ve všech třech parametrech zaznamenala kategorie lesních ploch, což značí vysokou stabilitu této kategorie. Když tyto výsledky porovnáme s výsledky na rakouské straně, můžeme si všimnout, že intenzita změn v těchto parametrech je opět na rakouské straně daleko nižší. Největší změnu v parametru průměrných rozloh ploch zaznamenala, taktéž orná půda, jako u české strany ale s tím rozdílem, že klesl pouze o 6,13 %. Největší změnou v průměrné délce hranic měla kategorie vinic, která dokonce vzrostla o 8,20 % oproti roku 1991, ale v konečném důsledku byl tento nárůst pouze o 13,3 metru. Celkově jsou průměrné rozlohy ploch a tudíž i průměrné délky hranic ploch na rakouské straně menší a stabilnější. Co se týče parametru délky hranice na plochu, jsou na rakouské straně plošky členitější. Česká strana se, ale rakouské ve všech parametrech začíná do určité míry přibližovat a je otázkou do jaké míry budou tyto procesy pokračovat do budoucna.

V zájmovém území Valticko byly hodnoceny stejné parametry jako v širším zájmovém území. Jelikož území bylo hodnoceno v kratším časovém období mezi lety 2010 a 2016, nejsou zde tak velké rozdíly v rozlohách kategorií. Výsledky analýzy byly porovnány s výsledky z práce od Rašína a Chromého (2010) viz obrázek 17. Rašín a Chromý (2010) používali k analýze využití krajiny data půdního fondu a historických map stabilního katastru na základě, kterých klasifikovali sledované kategorie. Otázkou bylo, zda se na tyto postupy dá navázat metodami dálkového průzkumu Země. Klasifikace dat z družice Rapid Eye s velmi dobrým prostorovým i spektrálním rozlišením měly velice dobrou přesnost (celková přesnost byla 92,30 % v roce 2010 a 94,87 % v roce 2016), dá se tedy říci, že výsledky mohou bez problému na předešlé analýzy navázat, přestože kategorie land use a land cover mohly být definovány mírně jinak. Získané výsledky – vývoj mezi lety 2005, 2010 a 2016 se jeví jako věrohodný.

Intenzita změn u Rakouské strany v rozložení krajinného pokryvu je minimální. Nejvíce se v roce 2016, změnila kategorie trvalých kultur, která vzrostla o 1,84 procentního bodu, což je ve výsledku zhruba 90 hektarů. Kategorie vodních ploch se nezměnila vůbec. Výsledky pro rakouskou stranu napovídají o velice stabilním rozložení ploch, kde se krajinný pokryv mění jen velice málo. Na české straně je to v zájmovém území Valticko velice podobné, jako na rakouské straně největší změnu zaznamenala kategorie orné půdy, jejíž rozloha klesla o 2,03 procentního bodu. Stejně jako u rakouské strany nejmenší intenzitu změny zaznamenala kategorie vodních ploch, která vzrostla o 0,03 procentního bodu. Výsledky pro českou stranu se zdají být překvapivé, ale musíme vzít v potaz, jednak to, že na české straně se nachází vysoký podíl lesních a vodních ploch, které jsou stabilními kategoriemi. Vzhledem k tomu, že orná půda byla z převážné části nahrazena trvalými travními porosty, lze tento vývoj považovat za příznivý pro stabilitu krajiny. Hlavním důvodem stability využití krajiny je ale to, že se jedná o úrodnou zemědělskou oblast s velkým podílem orné půdy a vinic. Do budoucna se proto nedá nejspíš očekávat nějaký výrazný útlum intenzivního zemědělského hospodaření.

Intenzita změn pro parametry krajinné struktury, nebyla stejně jako u rozložení krajinného

pokryvu, tak zásadní. U české strany byly největší změny zaznamenány v parametru průměrné délky hranic kategorie vinice s 9,43 % snížením tohoto parametru. U Rakouské strany tomu bylo obdobně, kategorie vinic ztratila 10,77 %, což v konečném důsledku bylo 70 metrů. Naopak nejmenší změny zaznamenaly kategorie trvalých travních porostů na české straně a kategorie orné půdy na straně rakouské. Z těchto výsledků opět vyplývá, že krajina je stabilizována a změny se zde odehrávají jen v malé míře. Změny v parametru délky hranice na plochu nebyly opět zásadní. Na české straně, zaznamenala největší změnu kategorie vodních ploch, která vzrostla o 8,57 % a na rakouské straně kategorie orné půdy, která vzrostla o 8,33 %.

Výše uvedených výsledků bylo dosaženo pomocí metod DPZ. Z výsledku přesnosti klasifikací je patrné, že lepší výsledky byly získány pro data z družice Rapid Eye, která dosáhla celkových přesností 94,87 % pro data z roku 2016 a 92,30 % pro data z roku 2010. Lepší výsledky u těchto dat byly podmíněny lepším prostorovým rozlišením, a především tím, že trénovací dataset z roku 2016 byl doplněn o trénovací plochy z databáze LPIS. Mezi nejlépe klasifikované třídy, jak z hlediska zpracovatelské přesnosti, tak i uživatelské přesnosti patří dle předpokladu vodní plochy, které pro data ze všech tří družic dosahovaly 100 % úspěšnosti až na rok 2016 pro data z družice Rapid Eye, kde ve zpracovatelské přesnosti dosáhly pouze 80 % úspěšnosti. Nejhorší z toho pohledu dopadly kategorie vinic a trvalých travních porostů. Například pro kategorii vinic pro data Landsat 5 bylo dosaženo jen 55,56 % zpracovatelské přesnosti. Pro data z družice Rapid Eye dopadly nejhorší kategorie trvalých kultur a vinic, kde kategorie trvalých kultur dosáhla jen 79,17 % zpracovatelské přesnosti. Celkově můžeme říci, že se potvrdilo, že metody DPZ jsou vhodné pro sledování změn krajinného pokryvu, výhodou je pravidelné snímání, které poskytuje velké množství dat, díky nimž je možné analyzovat sledované území pravidelně. Problém může nastat, pokud chceme získat data v podobných termínech, která neobsahují oblačnost. I přes vysoké časové rozlišení je toto i dnes určitým omezením dat DPZ.

8. Závěr

Výzkum krajinných změn v česko-rakouském pohraničí se v této práci zaměřil na dvě zájmová území. Širší zájmové území bylo analyzováno s využitím dat družic Landsat v časovém rozmezí 1990-2016 a zájmové území Valticko bylo analyzováno s využitím dat družice Rapid Eye v časovém rozmezí 2010-2016.

Pro analýzu bylo využito čtyř snímků, pro každý sledovaný rok jeden. Termíny pořízení snímků se pohybovaly v rozmezí konce srpna až konce září. Hlavními kritérii výběru dat byla, co možná nejmenší oblačnost obsažená na snímcích a termíny pořízení snímku nesměly být od sebe příliš vzdálené. Tato kritéria byla do značné míry naplněna.

Po několika prvních pokusech o řízenou klasifikaci vybraných snímků, byla nutnost z důvodu zvýšení přesnosti výsledků omaskovat veškerou zástavbu sledovaných území. Vysoká spektrální variabilita zástavby a podobnost jejího spektrálního projevu, zejména s ornou půdou bez vegetace, přesnost klasifikací totiž do velké míry snižovala. Tento krok zabral velké množství času z důvodu vektorizace každé zastavěné plochy, která se ve sledovaných územích vyskytovala ve značné míře.

Z výsledků hodnocení přesností klasifikací, je potřeba vyzdvihnout výsledky z družic Rapid Eye, které dosáhly celkové přesnosti 94,87 % pro rok 2016 a 92,30 % pro rok 2010, a díky tomu mohly navázat na práci Rašína a Chromého (2010), kteří se zabývali hodnocením vývoje zájmového území Valticko mezi lety 1821 – 2005. Nejlepších zpracovatelských přesností a uživatelských přesností dosáhly v zájmovém území Valticko kategorie vodních ploch a ostatních ploch. Nejhorší naopak kategorie trvalých kultur a vinic. Intenzita změn krajinného pokryvu a krajinné struktury v tomto zájmovém území není příliš velká, největších změn krajinného pokryvu dosáhly kategorie orná půda, jejíž rozloha na české straně klesla o 2,03 procentního bodu a na rakouské o 1,37 procentního bodu. Z výsledků vyplývá celkově vysoká stabilita krajinného pokryvu. Stále ještě o něco vyšší na rakouské straně, kde je využívání krajiny dlouhodobě stabilizováno.

Celkové přesnosti klasifikací z družic Landsat dosáhly nižších přesností, a to 88,71 % pro data Landsat 5 a 89,74 % pro Landsat 8. Nejlépe klasifikovanými kategoriemi byly opět vodní plochy, které dosáhly 100 % zpracovatelské i uživatelské přesnosti pro oba sledované roky. Nejhorše klasifikovanou kategorií byla kategorie vinic. Co se týče intenzity změn krajinného pokryvu a krajinné struktury, byly z důvodu většího časového rozpětí analýzy pro širší zájmové území změny větší. Pro českou stranu rozloha kategorie orné půdy klesla o 5,67 procentního bodu, zatímco na rakouské pouze o 2,81 procentního bodu. Celkově sledované kategorie na rakouské straně dosáhly menší intenzity změn ve sledovaných parametrech, což svědčí o vyšší stabilitě krajinného pokryvu a krajinné struktury.

Tato práce potvrdila, že metody dálkového průzkumu Země, jsou vhodné pro analýzu krajinného pokryvu. Hodnocení sledovaného území poskytlo zajímavé výsledky o rozdílech

mezi Českem a Rakouskem a do budoucna bude podnětné v tomto výzkumu pokračovat a zjistit, zda se rozdíly prohlubují nebo naopak zmenšují, což by se dalo očekávat.

Seznam Literatury:

- ASHRAF, M. A., MAAH, M. J., YUSOFF, I., B. (2011): *Introduction to Remote Sensing of Biomass*. Biomass and Remote Sensing of Biomass, č. 3, s. 129-170
- BIČÍK, I., JANČÁK V. (2005): *Transformační procesy v českém zemědělství po roce 1990*. KSGRR PrF UK, Praha, 88 s. ISBN 80-86561-19-4
- BIČÍK, I., JELEČEK, L., KABRDA, J., KUPKOVÁ, L., LIPSKÝ, Z., MAREŠ, P., ŠEFRNA, L., WINKLEROVÁ, J. (2010): *Vývoj využití ploch v Česku*. Geografie, č. 3, 251 s.
- BIČÍK, I., JELEČEK, L., ŠTĚPÁNEK, V. (2001): *Land Use Changes and Their Societal Driving forces in Czechia in 19th and 20th Centuries*. Land Use Policy, 18, č. 1, s. 65-73.
- CAMPBELL, J. B., WYNNE, R. H. (2011): *Introduction to remote sensing, 5th edition*, The Guildford press. 2011, ISBN 978-1-60918-176-5
- De BIE, C. A., ZUIDEMA, P. A. (1995): *The Land Use Database a Knowledge Based Software Program for Structured Storage and Retrieval of User – defined Land Use Data Sets*. Paper presented at IGU Regional Conference „Global Changes and Geography“, Moscow, 33 s.
- DEMEK, J. (1999): *Úvod do krajinné ekologie*. 1. vyd., Univerzita Palackého, Olomouc, 1999. 102 s
- DEMEK, J.; MACKOVČIN, P. (2006): *Zeměpisný lexikon Hor a nížin ČR*. Brno, 582 s.
- DOBROVOLNÝ, P. (1998): *Dálkový průzkum Země: digitální zpracování obrazu*. Brno: Masarykova univerzita, 208 s.
- FAO (2005): *Agricultural Land Use and Definition of Land Use*. In *Land and water development division*. AO Home, Agriculture 21.
- FERANEC, J., OŤAHEL, J. (2001): *Krajinná pokrývka Slovenska*. Bratislava: VEDA, 124 s
- FORMAN, R., GODRON, M. (1993): *Krajinná ekologie*. Praha: Academia. 583 s.
- GISAT (2018): *OBIA* [online]. [cit. 2018-07-30]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/zpracovani-dat/klasifikace/obia-objektove-orientovana-analyza-obrazu.html>
- HALOUNOVÁ, L., PAVELKA, K. (2008): *Dálkový průzkum Země*. ČVUT v Praze, 182 s.
- HARRIS GEOSPATIAL SOLUTIONS (2018b): *Classification* [online]. [cit. 2018-07-30]. Dostupné z: < <https://www.harrisgeospatial.com/docs/Classification.html> >
- JELEČEK, L. (2006): Development of Modern Cadastre and Cadastral Mapping: Cadastre as Major Information Source of LUCC Research in Czechia. In *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, č. 49, s. 37-51.
- JELEČEK, L. 2007. Hlavní společenské hybné síly změn ve využití ploch Česka v 19. a 20. století. Teorie a realita. In *Česká geografie v evropském prostoru. Sborník, 2. sjezd ČGS*. České Budějovice: JČU, 2007, s. 1157-1166.
- JELEČEK, L., KABRDA, J. (2015): Změny ve využití ploch Česka 1990-2010 a jejich společenské hybné síly. *Geographical Information* 19, č. 2, s. 38-61
- KUPKOVÁ, L., ŠTYCH, P. (2014): *Dálkový průzkum země v ochraně přírody*. Praha: Univerzita Karlova, 30s.
- LIPSKÝ, Z. (1998): *Krajinná ekologie pro studenty ekologických oborů*. Praha: Karolinum, 1998. 129 s.
- LIPSKÝ, Z. (2000): *Sledování změn v kulturní krajině*. Lesnická fakulta ČZU, Praha, 71 s.
- MÍČEK, O. (2014): *Hodnocení databázi land cover na příkladu pražské metropole*. Bakalářská práce. Katedra geoinformatiky a kartografie PrF, Univerzita Karlova v Praze, 42 s.
- MIKLÍN, J. (2015): *Změny struktury krajiny v oblasti soutoku Moravy a Dyje*. Dizertační práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PrF, Ostravská univerzita v Ostravě, 102 s.
- MILENOVSKÝ, J. (2013): *Změny krajinné struktury a jejich příčiny v katastrálním území Vranová Lhota*. Diplomová práce. Katedra aplikované a krajinné ekologie Af, Mendelova univerzita v Brně, 58 s.

- NAJMAN, J. (2006): *Hodnocení vlivu železné opony na změny krajiny s využitím dat CORINE land cover*. Diplomová práce. Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje PřF, Univerzita Karlova v Praze, 120 s.
- NEDBAL, R. (2014): *Modelování využití země pomocí nástrojů Geomod a Land Change Modeler*. Bakalářská práce. Katedra geoinformatiky PřF, Univerzita Palackého v Olomouci, 56 s.
- NĚMEČEK, J., KOZÁK, J. (2003): *Approaches to the solution of a soil map of the Czech Republic at the scale 1:250 000 using SOTER methodology*. PLANT SOIL ENVIRON. 49, s. 291–297
- NEUHÄUSLOVÁ, Z. et al. (2001): *Mapa potenciální přirozené vegetace ČR*. Academia, Praha, 342 s.
- PERDIGAO, V., CHRISTENSEN, S. (2000): *The Lacoast atlas: Land cover changes in European coastal zones*. (Milano Joint Research Centre Ispra).
- RAŠÍN, R., CHROMÝ, P. (2010): *Land Use and Land Cover Development Along the Czech-Austrian Boundary*. Land Use / Cover Changes in Selected Regions in the World, č. 5, s. 58–65
- SIC (2018): *Rapid Eye* [online]. [cit. 2018-07-30]. Dostupné z: <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/rapideye/>
- SKLENIČKA, P. 2003: *Základy krajinného plánování*. Praha: nakladatelství Naděžda Skleničková, 321 s.
- STAMP, L. D. (1940): *Fertility, Productivity and Classification of Land in Britain*. The Geographical Journal, 96, č. 6, s. 389–406
- SVATOŇOVÁ, H. (2013): *Svět a krajina pohledem z výšky*. Brno: Masarykova univerzita, 116 s.
- TOLASZ, R. ed. (2007): *Atlas podnebí Česka*. Český hydrometeorologický Ústav, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s.
- USGS (2018a): Landsat [online]. [cit. 2018-07-30]. Dostupné z: <https://landsat.usgs.gov/about-landsat>
- USGS (2018b): Landsat 5 [online]. [cit. 2018-07-30]. Dostupné z: <https://landsat.usgs.gov/landsat-5>
- USGS (2018c): Landsat 8 [online]. [cit. 2018-07-30]. Dostupné z: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8>